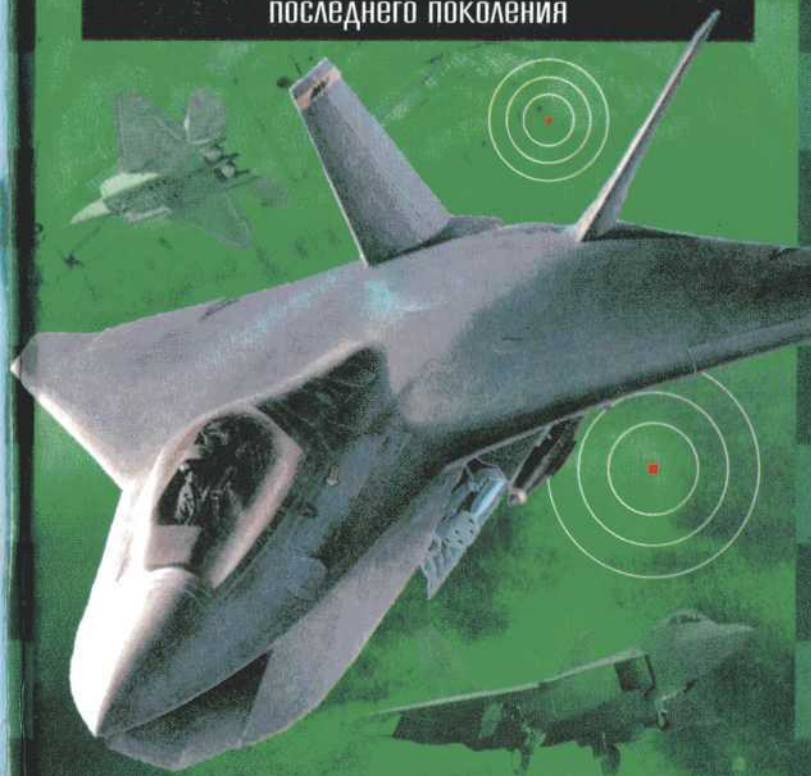


# F-22, JSF

Американские истребители  
последнего поколения



УДК 623.7

ББК 68.53

К 88

Подписано в печать 10.12.2001. Формат 70×90<sup>1</sup>/<sub>32</sub>.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 9,36. Гарнитура «GaramondC».

Тираж 8000 экз. Заказ 2494.

Общероссийский классификатор  
продукции ОК-005-93, том 2; 953004 — книги, брошюры

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.11.953.П.002870.10.01 от 25.10.2001 г.

## **Кудишин И. В.**

К 88 F-22 «Рэптор» и JSF. Американские истребители пятого поколения/И. В. Кудишин. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2002. - 256 с. - ил. - (Знаменитые самолеты).

ISBN 5-17-012120-2 (ООО «Издательство АСТ»)

ISBN 5-271-03477-1 (ООО «Издательство Астрель»)

Современный истребитель является основным и самым сложным элементом авиационного боевого комплекса. С каждым новым поколением сложность разработки авиационного боевого комплекса значительно возрастает. Об истории создания и проблемах, возникающих перед американскими специалистами при разработке истребителей пятого поколения F-22 и JSF, а также об их преодолении рассказывает эта книга.

Книга рассчитана как на специалистов, так и на широкий круг читателей, интересующихся авиацией.

**УДК 623.7**

**ББК 68.53**

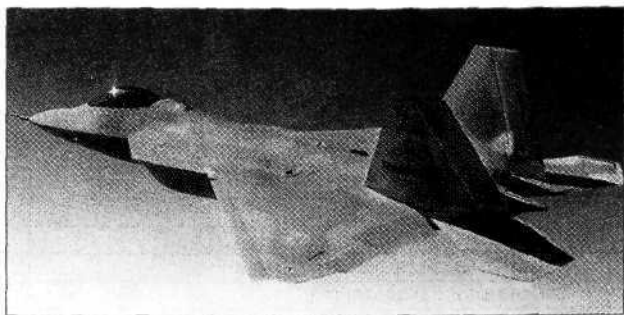
ISBN 5-17-012120-2 (ООО «Издательство АСТ»)

ISBN 5-271-03477-1 (ООО «Издательство Астрель»)

© ООО «Издательство Астрель», 2002

# Оглавление

<b>1. Самолет «Локхид-Мартин» F-22 «Рэптор»</b>	<b>5</b>
Эволюция проекта	5
Сборка прототипов	9
Изменение требований	12
Изменение конфигурации	14
Совместная работа	15
Особенности проектирования	19
Работающее равновесие	22
Изменения проекта	26
С ориентацией на человека	28
Безопасное покидание самолета	32
Интегрирование информации	36
Вооружение самолета	41
Система управления	47
Двигательная установка	53
Материалы	58
Первые опыты	62
Специальная окраска	66
Испытания	67
Обслуживание системы	81
Изменившийся характер угрозы	84
Особенности конструкции F-22	91
<b>2. Программа перспективного единого ударного истребителя JSF</b>	<b>103</b>
Самолеты JSF для КМП США	143
Нужды ВМС США	147
Самолеты JSF для ВВС США	151
JSF в королевском флоте	155
Самолет JSF фирмы «Боинг»	160
Проект самолета JSF фирмы «Локхид-Мартин»	194
Программы двигательных установок для самолетов JSF	220
Кабинное оборудование и БРЭО самолета JSF	238



Американские истребители  
ПЯТОГО  
ПОКОЛЕНИЯ





## САМОЛЕТ «ЛОКХИД-МАРТИН» F-22 «РЭПТОР»

### ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЕКТА

Когда ВВС США начали определяться с требованиями к новому истребителю, призванному заменить самолет F-15, геополитическая обстановка сильно отличалась от современной. СССР еще существовал, а Ирак был лишь второстепенной азиатской страной. Большой региональный конфликт считался менее вероятным, чем конфронтация сверхдержав в качестве потенциальной угрозы безопасности США.

Когда требования были сформированы – в 1981 г., – F-15 находился в строю всего шесть лет, но командование ВВС США уже принимало во внимание потенциальную угрозу, исходящую от новейших советских самолетов, которые в сочетании с прекрасной системой ПВО могли наносить удары по американской авиации на ее аэродромах базирования. Когда F-22 поступит на вооруже-



*Носовая часть фюзеляжа F-22*

ние в 2004 г., F-15 будет находиться на вооружении уже 30 лет, но угроза, противостоять которой оба этих самолета были изначально призваны, уже, похоже, никогда не материализуется.

«F-22 прогрессивен по отношению к F-15 и в традиционных областях, обладая малой заметностью, высокой скоростью и маневренностью, но в «нетрадиционных» областях является поистине революционным», — заявляет Бербэйдж. Спектр выполняемых задач самолета по сравнению с его предком вырос в два раза, но основным преимуществом является уникальная мощность БЦВМ самолета – 10,5 млрд опера-



ций в секунду при 300 мБ памяти с возможностью 200-процентного расширения.

Когда в 1983 г. начались концептуальные проработки по программе ATF, основные требования к новому самолету были уже в целом выяснены – в их числе малая заметность, большая дальность и возможность сверхзвукового крейсерского полета. Эти требования были призваны сократить время для ответных мер неприятельской ПВО и увеличить возможности по проникновению в глубь обороны противника. Большое внимание уделялось маневренности, в жертву ей была принесена возможность укороченного взлета и посадки – для экономии средств и массы конструкции.

Стоимость уже в то время являлась важным критерием, и в 1986 г. ВВС изменили первоначальный план создания ATF путем последовательных приближений на принцип «первый полет до закупки» для двух альтернативных конкурсных самолетов. Критерий «стоимость – эффективность» стал главным при определении, какие параметры можно «выжать» из самолета при стоимости, ограниченной 35 млн долл., наряду со снижением технического риска до начала полномасштабной разработки программы.

Фирма «Локхид-Мартин» была одной из семи компаний, чьи концепции отвечали заданному критерию «стоимость – эффективность». В 1986 г. она объединила усилия с фирмами «Боинг» и «Дженерал Дайнэмикс». Согласно подписанному между ними соглашению, победитель в конкурсе будет являться



*Рисунок самолета ATF*

ведущим разработчиком при примерно равном разделении объемов работ. В октябре 1986 г. «Локхид-Мартин» получила заказ на проектирование и постройку прототипа F-22, а фирма «Нортроп», объединившая свои усилия с «Макдоннелл-Дуглас», – на прототип альтернативного истребителя F-23.



## СБОРКА ПРОТОТИПОВ

Завод «Сканк Уоркс» фирмы «Локхид» изготовил два прототипа, первый из которых поднялся в воздух в сентябре 1990 г. Как основной подрядчик, фирма «Локхид» была ответственна за интеграцию БРЭО и боевого комплекса и производство передней части фюзеляжа. Фирма «Боинг» произвела крыло и заднюю часть фюзеляжа, а также разработала часть БРЭО. «Дженерал Дайнемикс» поставила среднюю часть фюзеляжа, оперение и некоторые системы бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО).

Условия конкурса подразумевали не только полет прототипов; обе команды разработчиков построили стенды для испытания БРЭО, новые материалы и технологии для будущей программы серийного производства. Решение BBC о победе одной из команд основывалось не на «дуэли» двух альтернативных прототипов, а на комплексе их летных данных, уровне технологий и стоимости серийного производства.

Команда, возглавляемая фирмой «Локхид-Мартин», добилась максимально возможного успеха на этой фазе. В ходе более чем 90-часовой программы летных испытаний два прототипа YF-22 продемонстрировали возможность крейсерского сверхзвукового полета с  $M$  более 1,5, маневры с углом атаки  $60^\circ$  с управлением вектором тяги и стрельбу ракетами AIM-9 и AIM-120. Внешне прототипы были весьма близки к предложенной в проекте конфигурации, в

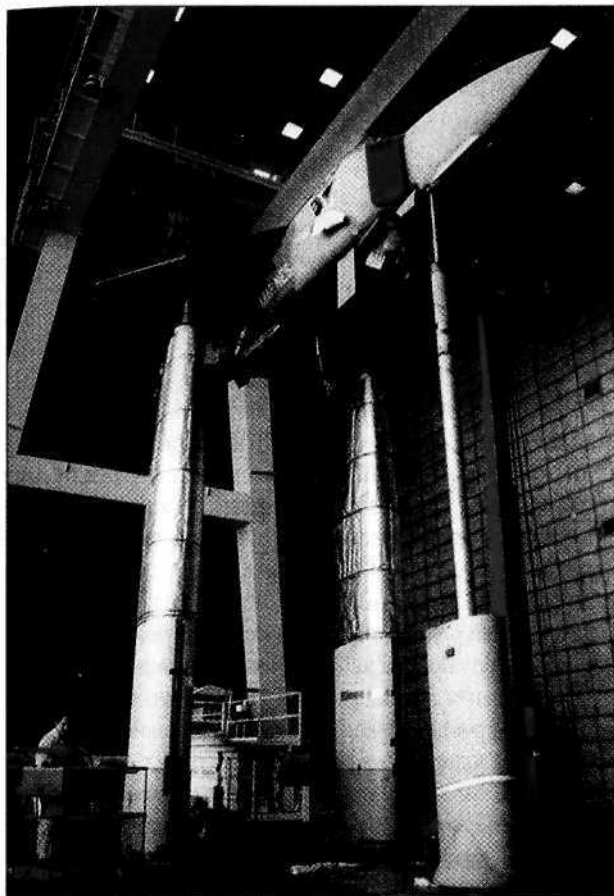


кабине имелись многофункциональные дисплеи. Самолеты оснащались электродистанционной системой управления (ЭДСУ) и электронной системой управления бортовым комплексом, предназначенной для использования на серийных машинах.

Кроме того, был создан самолет – летающая лаборатория (ЛЛ) на базе «Боинга-757» для демонстрации возможностей интегрированного БРЭО в полете в комбинации с наземным испытательным комплексом бортовых датчиков.

Требования к дальнейшей разработке были сформулированы в декабре 1990 г. после испытаний обоих самолетов, оснащенных принимающими участие в конкурсе двигателями ТРДДФ «Пратт-Уитни» F-119 и «Дженерал Электрик» F-120. Все четыре комбинации планера и силовой установки удовлетворяли требованиям конкурса, но в апреле 1991 г. ВВС определили победителя – прототип F-22 с двигателем F-119 как наиболее выгодный по стоимостным параметрам при минимальной степени риска.

Команда фирм, возглавляемая «Локхид-Мартин», получила заказ стоимостью 9,55 млрд долл. на дальнейшую разработку самолета F-22 в августе 1991 г. В то же время фирма «Пратт-Уитни» получила заказ стоимостью 1,4 млрд долл. на разработку ТРДДФ F-119. В то время предполагалось построить опытную серию из 11 самолетов (из них два двухместных). К настоящему моменту строится девять предсерийных самолетов, все одноместные. Программа создания двухместного варианта свернута.



*Подготовка к продувке натурного самолета YF-22  
в аэродинамической трубе*



Предварительный заказ ВВС на 648 самолетов, в том числе и двухместные F-22В, был впоследствии урезан до 438 одноместных самолетов из-за неконтролируемого роста стоимости.

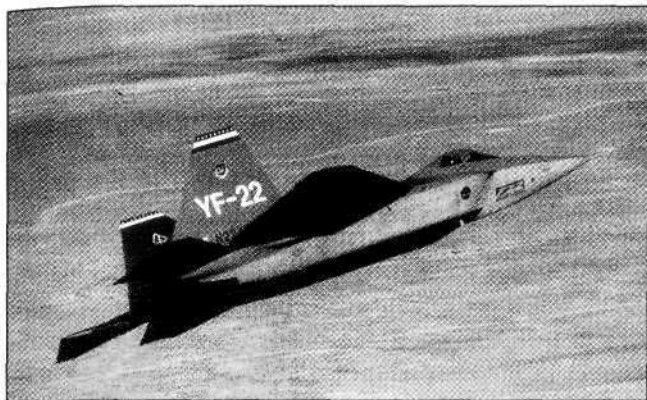
## ИЗМЕНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ

Первоначально заказ ВВС был на 750 самолетов, ВМС одно время проявляли интерес к палубному варианту АТФ, планируя закупить 550 машин. От второго заказа отказались в пользу продолжения программы штурмовика «Дженерал Дайнэмикс» «Макдоннелл-Дуглас» А-12. После аннулирования этой программы ВМС был предложен проект развития F-22, удовлетворяющий требованиям к палубному самолету А/Ф-Х, но вскоре и его аннулировали.

Летные испытания F-22 с двигателями F-119 продолжились в октябре 1991 г., собиралась информация о нагрузках и работе систем для дальнейшего использования в программе. Испытания продолжались до апреля 1992 г., когда самолет потерпел аварию. Прототип не был восстановлен до летного состояния, он используется в настоящее время для определения эффективной поверхности рассеивания (ЭПР). Этот самолет был модифицирован, сейчас он внешне повторяет по форме серийный самолет.

Первая серия изменений графика программы произошла в январе 1993 г. в связи с урезанием воен-





*YF-22 в демонстрационном полете*

ного бюджета. Сократилось с 11 до 9 число предсерийных самолетов, но два двухместных самолета все еще планировались. Количество двигателей F-119 для проведения испытаний сократилось с 33 до 27. Разработка двухместной модификации была официально прекращена ВВС в июле 1996 г. как мера по сбережению средств. Но количество предсерийных и серийных машин осталось без изменений. В январе 1997 г. программа снова претерпела изменения. Постройка четырех предсерийных машин была отменена – таким образом число самолетов, запланированных к постройке, сократилось до 438. Период серийного производства с малым темпом был продлен с четырех до пяти лет, за этот период теперь планировалось построить не 90, а 70 машин.



## ИЗМЕНЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ

По ходу программы в конструкцию самолета было внесено несколько изменений, главным образом касающихся уменьшения массы и ЭПР. В марте 1994 г. было заявлено, что ЭПР самолета не удовлетворяет требованиям из-за неплотной подгонки люков шасси и отсеков вооружения, а также лючков обслуживания. Проблема была решена путем комбинирования люков, сокращения числа дренажных отверстий в нижней части фюзеляжа и внедрения новой компьютеризированной системы обслуживания.

Фирма «Локхид-Мартин» начала испытания модели для замеров ЭПР на полигоне в Хелендэйле (Калифорния) в ноябре 1996 г. По их результатам Том Бербэйдж заявил, что F-22 удовлетворяет или даже превосходит требования по величине ЭПР.

В 1996 г. было официально объявлено, что самолет F-22 будет носить имя «Рэптор» – «Орел-могильник». Ранее истребитель носил неофициальные имена «Суперстар» и позже – «Лайтнинг-2», в честь знаменитого двухбалочного локхидовского истребителя периода Второй мировой войны.





## СОВМЕСТНАЯ РАБОТА

Три компании объединились для создания истребителя F-22, зная о том, что лишь их совместная работа в итоге завершится запуском машины в серийное производство.

На этапе НИОКР затраты и работы были поделены поровну между фирмами «Локхид», «Боинг» и «Дженерал Дайнэмикс». После поглощения фирмой «Локхид» филиала «Джеренал Дайнэмикс» в г. Форт Уэрт ее доля в программе возросла до 67,5%. Основными подрядчиками программы являются: фирма «Локхид-Мартин Аэронотикал Системз» (LMAS) в г. Мариетта (Джорджия), отделение «Локхид-Мартин Гэктикл Эйркрафт Системз (LMTAS) в г. Форт Уэрт (Техас) и отделение «Боинг Милитари Эйрплейнз» в



Демонстрация YF-22



г. Сиэтл (Вашингтон). Доли участия остались неизменными. Работы по изготовлению комплектующих, узлов и агрегатов распределены между этими фирмами, но при создании, интеграции, испытаниях БРЭО и программного обеспечения для него все три участника программы на равных участвуют в каждом аспекте работ. Между ними налажена прекрасная кооперация.

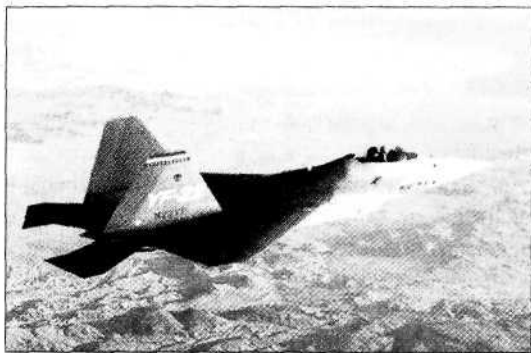
Зоны ответственности компаний были расписаны еще в начале программы. В настоящее время LMAS несет ответственность за общую интеграцию систем вооружения, производство носовой части фюзеляжа и хвостового оперения, а также за окончательную сборку. LMTAS производит центральную секцию фюзеляжа, а также разработала системы управления: электрическую, гидравлическую, топливную и управления оружием. Она также ответственна за интеграцию систем связи, навигации и опознавания целей и системы РЭБ. Эта фирма-участница также разработала и использует системный тренажер «Железная птица» и имитатор топливной системы. Ею же разработан пилотажный стенд самолета F-22.

Фирма «Боинг» производит хвостовую часть фюзеляжа, крыло, устанавливает двигатели и вспомогательную силовую установку (ВСУ). В ее зоне ответственности также разработка БРЛС и испытания интегрированного БРЭО. В распоряжении фирмы — ЛЛ на базе самолета «Боинг-757» для испытания системы управления F-22. Противопожарная система

и носимая система жизнеобеспечения также разрабатываются фирмой «Боинг».

В общей сложности в программе задействовано более 80 компаний, интегрированная среда проектирования объединяет их, принося большую пользу при сопряжении продукции, производимой ими.

По словам Бербэйджа, в конструкции самолета применены новейшие достижения технологии, поз-



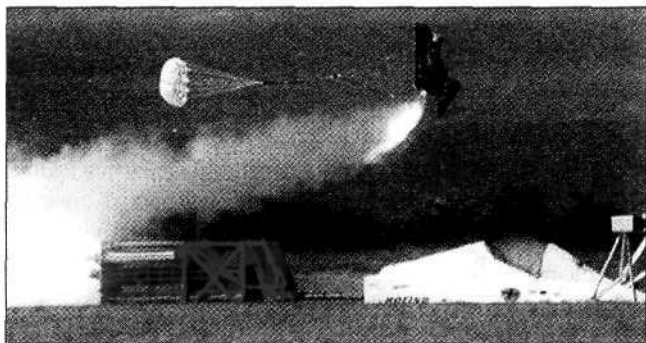
*Опытный самолет YF-22 в полете*

воляющие сочетать малую заметность, высокие летно-технические характеристики (ЛТХ) и полное владение боевой ситуацией в любой момент времени. Апертуры, позволяющие бортовым датчикам получать информацию, оставаясь невидимыми для противника, являются «самыми новейшими технологическими достижениями, примененными на самолете», – сказал он.



В аэродинамическом отношении F-22 является «чем-то большим, нежели просто замена для F-15», — сказал Бербэйдж. Низкое значение вредного сопротивления в сочетании с высокой тягой обеспечивают возможность сверхзвукового крейсерского полета без включения форсажа, что снижает ИК заметность и увеличивает радиус действия. «Отвязанная» маневренность F-22 включает в себя такие элементы, как полет с углом атаки  $60^\circ$  со скоростью 150 км/ч при сохранении поперечной управляемости.

«Если F-22 вступил в воздушный бой на виражах с перегрузкой 9, значит, мы сделали что-то не так», — говорит Бербэйдж, так как концепция применения сформулирована как «первым увидел, первым выстрелил, первым сбил», она подразумевает возможность обнаруживать, идентифицировать и уничто-



*Отработка системы спасения летчика на ракетной тележке*

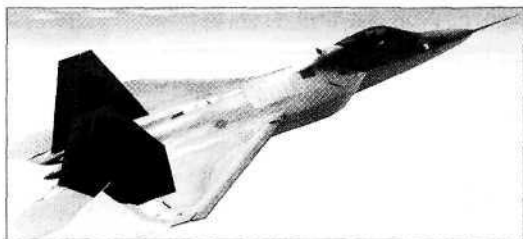


жать цели, находясь вне досягаемости их средств обнаружения. Цели будут обнаруживаться пассивными датчиками по их излучениям или путем передачи информации о них с другого F-22 или самолета ДРЛО через шину передачи данных. БРЛС будет использоваться в редких случаях короткими импульсами. Цели будут рассортированы по приоритетности, а затем их список будет выдаваться на дисплей.

Летчик лишь укажет курсором на цель в списке, после чего из фюзеляжного отсека вооружения по ней будет запущена ракета AMRAAM – основное оружие F-22.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Коллега Бербэйджа, менеджер программы F-22 от ВВС США бригадный генерал Майкл Мушала, прокомментировал роль компьютерной обработки данных при создании самолета F-22: «На протяжении всего процесса создания самолета использовалась самая современная среда проектирования, что привело к ощутимой экономии средств», – сказал он. Применение САПР CATIA и моделирующего стенда СОМОК всей командой создателей самолета, включая субподрядчиков, обеспечивало безукоризненное соответствие друг другу комплектующих и узлов, изготовленных в разных местах.



YF-22

Окончательная сборка самолета прошла гладко. Основные сборочные единицы были собраны воедино в течение нескольких часов.

Все подрядчики использовали одинаковые компьютеры и программное обеспечение, работая в единой сети. Фирма TRW, например, разработала программное обеспечение, испытала его на реальной БЦВМ, а затем перекачала его по сети на фирму «Боинг», где оно было установлено на аналогичную БЦВМ с той же операционной системой и испытано в лаборатории интеграции бортового оборудования.

Архитектура БЦВМ позволяет заменять устаревающие элементы новыми в течение жизненного цикла самолета. Вставные модули позволяют совершенствовать самолет по мере быстрого совершенствования электронной технологии.

Около 40% стендовых испытаний двигателя «Пратт-Уитни» F-119 происходило в условиях имитации высоты и скорости в Центре ВВС США им. Арнольда, что почти соответствует полетным испытаниям.





«Высокоавтоматизированные двигатели испытывались уже на ранних стадиях программы с целью получения максимума данных о спектре режимов работы двигателя», – сказал Уолт Байлсвиг, главный вице-президент программы F-119 от фирмы «Прат-Уитни». Это позволило фирме избежать ряда рутинных проблем, возникающих обычно при разработке нового двигателя. Вычислительная газодинамика широко использовалась в программе F-119 при распознавании и решении многих задач.

Программа подверглась реструктуризации в начале 1997 г. с целью продлить фазу НИОКР и уменьшить стоимость внедрения в серию. Изменение графика имело целью снизить риск срыва сроков испытаний бортового оборудования.

Подготовка серийного производства самолета F-22 должна была закончиться, согласно первоначальному графику, в марте 2003 г. Сметная стоимость программы к этому моменту составляла 18,7 млрд долл. Средняя стоимость одной машины в ценах 1996 г. составляла 72 млн долл., но к 2000 г., несмотря на предпринятые меры по сокращению стоимости, эта цифра возросла до 93 млн долл.





## РАБОТАЮЩЕЕ РАВНОВЕСИЕ

Равновесие – это наиболее часто употребляемое слово в отношении программы F-22. Самолет является компромиссом, равновесием таких качеств, как боевая эффективность, неуязвимость, простота обслуживания, быстрота реакции и пр. Сочетать все это было крайне сложно.

Изначально основным требованием было сочетание малой заметности, высокой скорости и маневренности в самолете, который по боевой эффективности и простоте обслуживания будет как минимум вдвое превосходить машину, для замены которой он предназначен. Некоторые качества было просто уравновесить – например, требование разместить все топливо во внутренних баках, без ПТБ на внешней подвеске, что уменьшало радиолокационную заметность и сопротивление в сверхзвуковом крейсерском полете. Крейсерский режим работы двигателей на сверхзвуке минимизировал время использования форкамер и снижал ИК заметность. А вот сочетание малой заметности с высокой маневренностью было более проблематично.

Когда в августе 1990 г. на заводе «Сканк Уоркс» изготовили первый прототип F-22, стал ясен подход фирмы «Локхид-Мартин» к проблеме уравнивания требований. Форма самолета оптимизирована для снижения ЭПР, все кромки и внешние углы ориентированы параллельно передней и задней кромкам крыла, а для повышения маневренности са-



молет имел четыре поверхности оперения, отклоняемый вектор тяги и высокий каплевидный фонарь.

Шерм Маллин, бывший ответственный за этап начальной разработки самолета F-22, а ныне президент «Сканк Уоркс», сказал, что в 1987 г. самолет претерпел радикальное перепроектирование, занявшее три месяца.



*YF-22. Вид спереди*

Это произошло после того, как схема, предложенная изначально, оказалась «неприемлемой как с технической точки зрения, так и с точки зрения конкурса». Внешние отличия F-22 от прототипа минимальны.

Основными идеями, заложенными в проекте, являются интегрированные аэродинамика и двигательная установка – для достижения сверхзвуковой



крейсерской скорости и маневренности; плавный переход от крыла к фюзеляжу для увеличения эффективности конструкции и роста объема внутренних топливных баков; форма, способствующая уменьшению ЭПР; а также конструкция воздухозаборников, способствующая росту характеристик и скрытности и одновременно конструктивно простая.

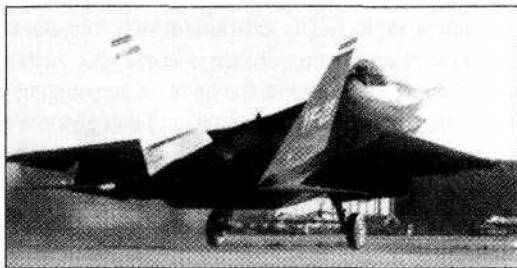
Форма крыла в плане, приближающаяся к ромбической, была выбрана благодаря своей простоте и прочности и большому объему баков-кессонов, в то время как относительно большая площадь крыла увеличивает маневренность и улучшает взлетно-посадочные характеристики (ВПХ). Механизация крыла включает в себя предкрылки по всей передней кромке, а также элероны и флапероны на задней кромке.

Четыре поверхности хвостового оперения обеспечивают управление в диапазоне, необходимом для достижения «безграничной» маневренности. Сопла с управляемым вектором тяги (УВТ) играют роль дополнительного горизонтального оперения (ГО). По словам Маллина, УВТ добавил 15-25 кг веса соплу, в то время как эквивалентное увеличение площади ГО добавило бы 180 кг веса. УВТ осуществляется только по тангажу и всегда симметрично. На больших углах атаки УВТ используется для управления по тангажу, в то время как стабилизатор – для управления по крену.

Шеф-пилот F-22 Пол Метц отмечает, что УВТ увеличивает эффективность ГО. «Самолет спроектиро-



ван таким образом, чтобы управляться аэродинамическими поверхностями во всем диапазоне углов атаки, но при больших значениях угла атаки УВТ гораздо лучше. Система УВТ задействована постоянно, но применяется только на малых скоростях и больших углах атаки, и далеко не всегда – в бою. УВТ используется на взлете и посадке, а также для уменьшения нагрузки на носовую стойку шасси при подвеске ПТБ», – комментирует Метц.



*YF-22 совершает посадку. Хорошо видны плоские сопла двигателей*

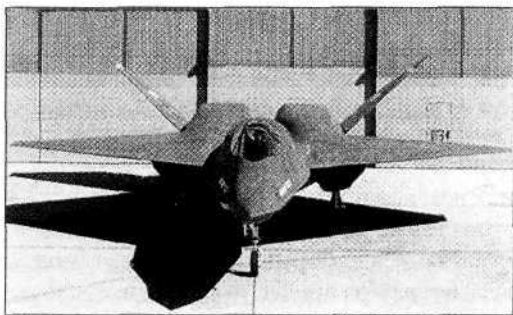
Створки воздухозаборников – отсекатели погранслоя также используются для управления по тангажу. Воздухозаборники не имеют подвижных клиньев, несмотря на то, что максимальное число Маха для самолета больше 2. Створки имеют пилообразную переднюю кромку для уменьшения ЭПР, а каналы спроектированы так, чтобы полностью исключить прямую видимость первой ступени компрессора.



## ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЕКТА

После определения внешней конфигурации самолета в 1992 г. в него было внесено несколько изменений. Размах крыла увеличили для улучшения маневренных характеристик и уменьшения сопротивления; стреловидность крыла по передней кромке уменьшили, опять же, для увеличения маневренности.

Толщину профиля уменьшили для уменьшения сопротивления; камеры сгорания и тракты воздухозаборников были модернизированы для улучшения сверхзвуковой маневренности; законцовкам крыла придали еще один угол излома в плане для того, чтобы увеличить поле зрения антенн на концах крыла.



*Самолет Нортроп YF-23A «Блэк Видоу 2». Вид спереди*

Укорачивание фюзеляжа позволило сэкономить массу, сдвигание воздухозаборников назад улучшило управляемость и обзор из кабины. Последняя бы-



да видоизменена и сдвинута вперед, также для улучшения обзора вниз.

Перепроектирование носовой части имело целью улучшить характеристики БРЛС и уменьшить ЭПР.

Вертикальное оперение было уменьшено по площади на 20% после того, как в ходе летных испытаний выяснилось, что на УР-22 кили по площади больше, чем нужно. Тормозные щитки были упразднены, вместо них применена схема симметричного отклонения рулей направления. Форма ГО в плане изменена для уменьшения ЭПР, при сохранении площади.

В результате самолет получился схожим по размерам с F-15, но при этом несет такое же количество единиц вооружения на внутренней подвеске, берет больше топлива и несет на борту все обеспечивающее оборудование. При этом масса самолета такая же, как у F-15. Серийный самолет на 4500 кг легче прототипа. Массовые характеристики не упоминались в техническом задании, но борьба за экономию веса всегда ставится в качестве основного критерия любого проекта ЛА, как мера по достижению высоких ЛТХ и уменьшению стоимости.

Масса F-22 оказалась больше ожидаемой, но самолет удовлетворил всем требованиям заказчика. Меры по уменьшению массы были в связи с этим отложены в пользу разработки экономичных технологий производства. Масса самолета заморожена, ее дальнейшее уменьшение можно обеспечить лишь при дополнительном финансировании.



## С ОРИЕНТАЦИЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Использование тактического потенциала летчика — основная концепция использования F-22.

Интерфейс летчика и самолета — это наиболее правильное и точное описание основной части новых технологий, примененных на самолете. Кабина F-22 является показателем достижений команды разработчиков в области интеграции человеческого потенциала и машины.



*YF-22 на стоянке. Обратите внимание на характерную форму вертикального оперения*

Кабина имеет цельный фонарь, установлено модернизированное катапультируемое кресло ACES II. Летчик одет в специально спроектированный высотнo-компенсирующий костюм. Управление осуществляется по принципу «руки на РУС и РУД». РУС находится на правом подлокотнике кресла. На приборной доске находятся плоские multifunctional дисплеи. Таким образом, летчик выступает



не в роли оператора датчиков, а в роли менеджера полетного задания.

Летчик запрашивает информацию, а бортовой комплекс электроники отвечает на запрос, используя датчики по своему усмотрению.

Летчик не включает тот или иной датчик, он лишь задает требуемый уровень эмиссии – пассивный, режим низкой вероятности перехвата или активный, в котором должны работать излучающие датчики.

Когда цель приближается, она оценивается по принадлежности и/или степени угрозы. Согласно приоритетности целей датчики собирают о ней дополнительную информацию, требующуюся для принятия летчиком решения об атаке или уклонении. В любое время летчик может переключить сферу интереса датчиков с одного объекта на другой.

Наиболее приоритетные цели вносятся в «стрелковый список», который принимается или изменяется летчиком, а система выдаст вводные для атаки той или иной цели ракетой AMRAAM.

Информация отображается на трех дисплеях с использованием иконок принадлежности и типа цели. Концепция прошла испытания на наземном тренажере, в ходе «полета» на нем летчики средней квалификации достигали высочайших результатов. Шеф-пилот Пол Метц сказал: «Прекрасно обработанная информация появляется перед вами в виде цветных надписей и символов, воспринимающихся на уровне интуиции».



Прошла испытания и система символов для отображения угрозы. Имеются пять различных иконок ЛА – истребитель высокой технологии, истребитель низкой технологии, бомбардировщик, транспортный самолет и вертолет. Раньше требовалось «подцепить» иконку угрозы курсором, чтобы определить ее характер.

Классификация целей производится по семи параметрам данных, шесть из которых засекречены. Идентификация производится по таким параметрам, как РЛС-эмиссия цели, подсчет количества лопаток первой ступени компрессора с помощью БРЛС, а также с помощью системы связи, навигации и опознавания.

Все контрольные функции были перепоручены специальной подсистеме и выведены из веденья летчика. По словам Бербэйджа, запуск двигателей сведен к пяти ступеням – вставить картридж обмена информации, включить аккумулятор, включить вспомогательную силовую установку (ВСУ), поставить РУД на малый газ, закрыть фонарь. Все контрольно-проверочные операции в системах самолета производятся автоматически.

В полете реагирование на отказы систем также автоматизировано. Инженерные функции снимаются с летчика. Если, например, двигатель помпажирует, он отключается и повторно запускается автоматически. Если он не запускается, летчика спросят о возможности снижения, включения ВСУ и попытке повторного запуска. Летчик информирует маши-

ну о прекращении попыток повторного запуска, ставя соответствующий РУД в заднее положение.

Интегрированная система предупреждения/информирования докладывает летчику о том, как отказы сказываются на выполнении задания. Запрос через главный дисплей вызывает на малом дисплее внизу список мер по блокированию отказа, из которых летчик выбирает нужные по своему усмотрению. БРЭО выполняет выбранные операции автоматически.



*В кабине летчика YF-22*



## БЕЗОПАСНОЕ ПОКИДАНИЕ САМОЛЕТА

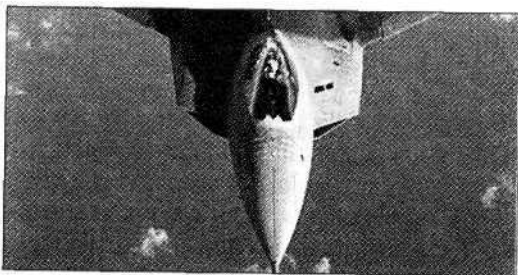
На F-22 будет легко летать, системы самолета сделаны безопасными для пользователя. Летчика не должны волновать даже такие факторы, как потеря управляемости, перегруживание конструкции и пр. На РУД и РУС находится 20 кнопок и кноппелей управления, имеющих 63 функции, позволяющие осуществлять управление системами, не отрывая рук от ручек.

Фонарь не имеет переплетов из соображений скрытности и улучшения обзора. Материалом служит прозрачный поликарбонат. Форма фонаря исключает визуальные искажения благодаря минимальному количеству поверхностей двойной кривизны. Во время испытаний фонаря на птицеустойчивость фонарь деформировался и растрескался, разбив индикатор на лобовом стекле (ИЛС). В настоящее время поставщик ИЛС, фирма «ГЕС-Маркони», разрабатывает усовершенствованную модель ИЛС, которая будет не только выдерживать подобные удары, но и прикрывать летчика от набегающего потока при сброшенном фонаре кабины на скорости до 1100 км/ч. Фонарь закрывается вперед поворотом и герметизируется, сдвигаясь в закрытом положении немного вперед. При отстреле в аварийной ситуации фонарь сначала сдвигается назад и затем отбрасывается вверх с помощью твердотопливного двигателя, расположенного под переплетом фонаря перед приборной доской. Отделяясь от самолета, фонарь не падает беспорядочно, его падение стаби-



лизируется таким образом, чтобы гарантированно увести его с траектории катапультирования летчика.

Модификация стандартного катапультируемого кресла ACES II класса 0-0 состоит в установке новых фиксаторов для рук и быстро срабатывающего стабилизирующего парашюта. Кресло обеспечивает безопасное покидание самолета на скорости до 1100 км/ч. Во время движения кресла по направляющим рельсам летчик надежно фиксируется в кресле сетками-фиксаторами. Сразу после схода с направляющих отстреливается парашют-стабилизатор, чтобы не допустить входа кресла во вращение. Это, в свою очередь, уберегает летчика от травмирования об кресло при несбалансированном вращении. За последовательность действий отвечает микросхема, встроенная в кресло, которую всегда можно проверить на земле.



*Носовая часть YF-22. Хорошо виден беспереплетный фонарь кабины летчика*



Для F-22 впервые разработана носимая система жизнеобеспечения летчика. Она позволяет летчику без признаков усталости или дискомфорта проводить много времени на больших высотах. основной проблемой было то, что для защиты летчика от хи-

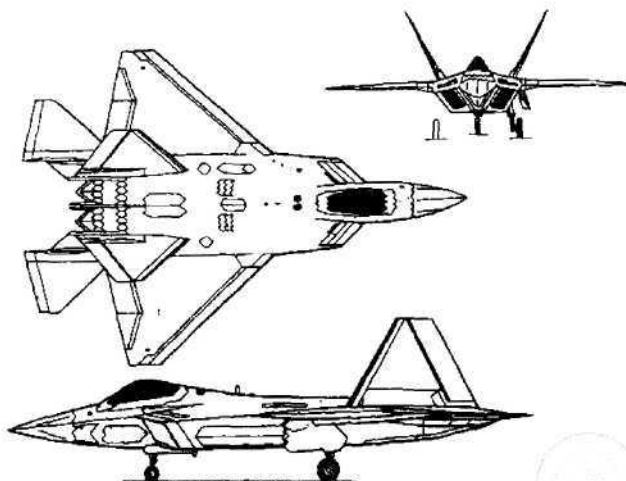


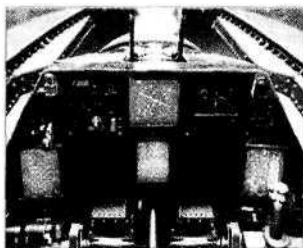
Схема самолета YF-22

мико-биологической угрозы его костюм состоял в основном из пластика. Необходимо было дать ему термозащиту. Ее роль сильно возрастала в случае, когда летчик приводнялся. Если надеть химзащитный костюм, утепленный комбинезон, компенсирующий костюм и термозащиту, то забраться в кабину, не говоря уж о том, чтобы вести воздушный бой, весьма



проблематично. Ситуацию нужно было менять.

Носимая система жизнеобеспечения для F-22 состоит из двух частей – собственно носимой и бортовой. Последняя включает кислородный генератор фирмы «Нормалэйр Гарретт» и единую систему регулировки



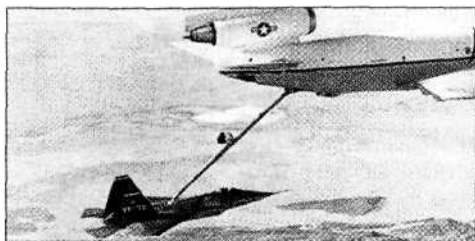
*В кабине летчика*

дыхания и компенсации перегрузок, служащую для поддержания дыхания с положительным градиентом давления и для компенсации оттока крови от мозга при высоких перегрузках.

Носимая часть включает систему охлаждения воздуха. По специальному тракту кондиционированный воздух поступает к телу летчика. Его температура регулируется от 13 до 32° С. Костюм летчика сконструирован фирмами «Боинг» и «МЕТА Рисерч». Он играет роль термозащиты и химической защиты, а также работает как экран от огня.

На костюм летчика надевается высотно-компенсирующий костюм, помогающий преодолевать действие перегрузок и играющий также роль химзащиты. Противоперегрузочный бандаж охватывает ноги и нижнюю часть туловища. Он предоставляет летчику возможность свободно двигаться.

Летный шлем, легкий и прочный, позволяет катапультироваться на скорости до 1100 км/ч. Он разра-



*Дозаправка в воздухе YF-22*

ботан британской фирмой «Хелмет Системз». Шлем имеет систему звукоизоляции и стабилизации на-шлемной оптики.

Новый костюм летчика легче своего предка, проще в эксплуатации и не требует дополнительных навесок для полетов над водой и химзащиты.

## ИНТЕГРИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Борьба за превосходство в воздухе в сочетании со скрытностью выдвигает тяжелые требования к БРЭО, удовлетворить которые можно лишь с помощью интеграции всех систем, внедренной на F-22. Информация собирается по крохам, в условиях минимального излучения, с помощью узконаправленных лучей, датчиками, которые либо вообще пассивны, либо включаются на доли секунды.

Интеграция состоит из трех компонентов: то, что видит летчик; то, как работает система, и то, как сов-



мещаются первое и второе. Задание по завоеванию превосходства в воздухе с низкой заметностью не может быть выполнено без интеграции на всех трех уровнях. Для летчика интеграция означает всю информацию, отображенную на одном экране, но для этого требуется сильная функциональная и агрегатная интеграция.

Интегрированное БРЭО F-22 снабжает летчика информацией об окружающей ситуации, беря на себя все функции управления и контроля систем.

Концепция БРЭО F-22 базируется на сравнении и обработке данных от датчиков и создании на их базе цельной картины, которая используется системой для оценки ситуации и предоставления ее летчику и для выдачи команд датчикам на дополнительный сбор информации. В качестве датчиков используются:

- многорежимная БРЛС с электронным сканированием и фазированной антенной решеткой ФАР, состоящей из 2000 модулей приема/передачи «Нортроп Грумман» APG-77;
- система РЭБ, включающая в себя подсистемы предупреждения об облучении РЛС и обнаружения пуска ракет фирмы «Локхид-Мартин»/«Сандерс»;
- система связи, навигации и опознавания (СНО), включающая в себя шину обмена данных между самолетами в полете, объединенную тактическую систему распределения информации и блок «свой–чужой» Mk.XII.



Все сигналы от датчиков и прочие данные обрабатываются двумя интегрированными процессорами «Хьюз».

Оба процессора синтезированы с помощью волоконной оптики. Возможно размещение на борту третьего такого же процессора.

Кстати, именно с бортовым компьютером F-22A связан один из наиболее одиозных скандалов, происшедших в ходе программы. В 1996 г., когда конфигурация БЦВМ была определена, выяснилось, что ее основу составляют 486-е процессоры компании «Интел», к тому моменту уже снятые с производства. Пришлось срочно менять архитектуру БЦВМ, переориентировав ее на использование процессоров «Пентиум».



*F-22 в сопровождении F-15 (слева) и F-16*

Из соображений секретности программное обеспечение хранится в зашифрованной форме в картридже передачи данных, который вставляется в свое гнездо летчиком перед полетом. При запуске двигателя содержимое картриджа расшифровыва-



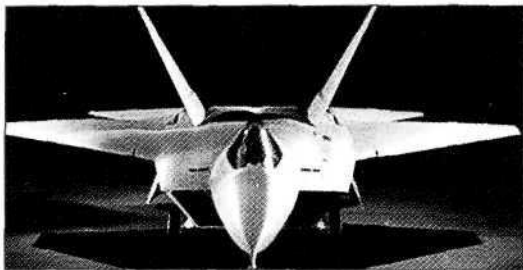
*YF-22 совершил посадку*

ется спецмодулем и рассылается по БРЭО с помощью волоконно-оптических кабелей. В случае уничтожения самолета все программное обеспечение уничтожается. Подобным же образом происходит переконфигурирование системы при отказе части модулей процессоров. В каждом из них есть по крайней мере один резервный модуль, не задействованный в обычном режиме. В случае массированного отказа летчику выдается меню, какие системы отключать: например, БРЛС и боевой комплекс для возвращения на базу или навигационный комплекс и систему РЭБ – для выхода из боя.

БРЭО самолета создается поэтапно, ступенями, с возможностью модернизации. Первый самолет с полным комплексом БРЭО, борт 4004, начал программу испытаний в августе 1999 г. На нем установлен комплекс БРЭО первой ступени (без системы РЭБ), что позволило задействовать не более половины мощности БЦВМ. БРЭО второй ступени



включает в себя РЛС с расширенными возможностями, систему РЭБ и улучшенную систему СНО. Оно было подготовлено к первому полету борта



*Рекламный снимок F-22*

4004 и использовалось для испытаний процесса обработки данных. Третья ступень будет включать все режимы работы всех датчиков с возможностью постановки электронных помех и противопомех. Добавлены еще две ступени – 3.1, подразумевающая установку приемников системы оружия JDAM и глобальной спутниковой системы определения координат, и 4 – с установкой передатчика глобальной системы определения координат и на-шлемной системы визирования с возможностью использования ракет AIM-9X. Эта ступень будет реализована на самолетах, которые поступят на вооружение в 2004 г.



## ВООРУЖЕНИЕ САМОЛЕТА

Команда проектировщиков комплекса вооружения отлично справилась с требованиями по весу и стоимости, при этом имея в виду, что F-22 должен будет выполнять задания, связанные не только с воздушным боем.

Во-первых, это будут задания по бомбометанию с повышенной точностью с использованием КАБ JDAM.

Несмотря на то что основное вооружение самолета находится на внутренней подвеске, имеется возможность подвешивать под крыло четыре пилона для ракет и ПТБ, что расширяет возможности самолета.

В основном подфюзеляжном отсеке вооружения можно разместить 4 УР AIM-120A или 6 УР «компактного хранения» AIM-9M. Имеется 20-мм пушка с боекомплектom 480 снарядов. В настоящее время основным вооружением является ракета AIM-120A, но к моменту поступления на вооружение самолета в серии будет ракета AIM-120C с уменьшенными аэродинамическими поверхностями. Каждая дополнительная ракета добавляет 160 кг собственного веса и 45 кг веса пускового устройства.

Пусковое устройство вертикально выстреливающего типа фирмы ЕДО для ракет AIM-120 пришло на смену трапеции, установленной на прототипах. В результате уменьшилась длина отсека вооружения и был сэкономлен вес. Требования к пуску весьма высоки – ракета должна выйти из отсека при любом положении самолета и скорости полета без тряски



*VF-22. Набор высоты*

и разворотов – места в отсеке очень мало. Пусковое устройство должно вытолкнуть ракету наружу через «бетонную стену» пограничного слоя на сверхзвуке.

Устройство имеет ход 230 мм и выстреливает ракету менее чем за секунду. Привод – смешанный, пневмогидравлический. Выдвижение пускателя производится пневмоцилиндром, сход ракеты – гидротолкателем, после чего пускатель убирается. Закрывание створок отсека возможно после схода ракеты и при выдвинутом пускателе. Выдвигание пускателя происходит с перегрузкой 40 единиц и скоростью выдвигания 8,1 м/с. Для техобслуживания на земле предусмотрен медленный режим.

Трапеция запуска ракет AIM-9 разработана фирмой «Локхид-Мартин». В основу ее положена конструкция пускового рельса на законцовке крыла самолета F-16. Трапеция выдвигает ракету в поток, но не отстреливает ее. Ракета выдвигается из отсека передней частью наружу – вниз, под небольшим углом к диаметральной плоскости самолета, для увеличе-



ния угла обзора ИК ГСН. Ракета стартует с рельса, газы из ее сопла отражаются наружу с помощью дефлектора, предохраняющего от повреждений отсек электроники, находящийся за отсеком для AIM-9. Для установки на самолет новых ракет AIM-9X требуются лишь незначительные изменения.

В начале 1999 г. ВВС США выдали фирмам «Локхид-Мартин» и «Боинг» задание на разработку мер по расширению тактических возможностей этого самолета.

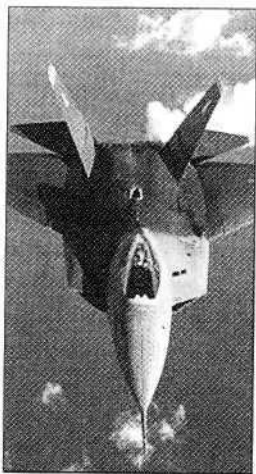
По своим функциональным возможностям самолет F-22 до сих пор является истребителем воздушного боя с достаточно ограниченными возможностями по поражению наземных целей. Из оружия класса «воздух-земля» он может нести лишь две



*YF-22 в полете с открытыми створками отсека вооружения*



перспективные КАБ JDAM калибра 450 кг (на внутренней подвеске), при этом возможности по ведению дальнего ракетного воздушного боя резко снижаются, так как помимо бомб в основном грузотсеке самолета может быть размещено лишь две ракеты AMRAAM, а внешняя подвеска вооружения предусматривается лишь при его транспортировке в перегоночном варианте. Измерения ЭПР самолета F-22 с ракетами на внешней подвеске показали недопустимое возрастание величины ЭПР, сводящее на нет малую радиолокационную заметность самолета, его основной «козырь» в воздушном бою и при преодолении ПВО.



F-22

В ходе работ по расширению тактических возможностей F-22 был рассмотрен 31 вариант сценария боевого вылета на боевое применение КАБ JDAM. Результатом работ явилась разработка изменений и дополнений к программному обеспечению БЦВМ самолета, а также придание ему возможности нести бомбовые кассеты, снаряженные миниатюрными высокоточными самокорректирующимися боеприпасами, такими как 115-кг легкая перспективная КАБ.





Данные изменения будут внедрены, скорее всего, на самолетах пятой серии, серийное производство которых планируется начать в 2006 г. КАБ JDAM будут способны нести самолеты четвертой серии.



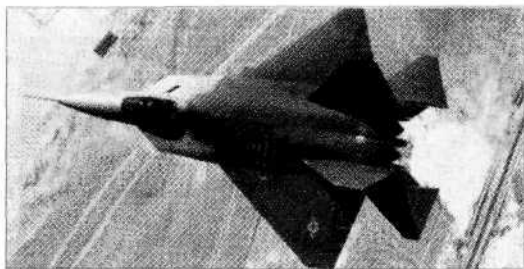
YF-22

Конечной целью работ по расширению тактических возможностей самолета F-22, по словам менеджера программы Роберта Ричардсона, будет полная замена ударных самолетов F-15E и F-117 истребителями F-22 с расширенными тактическими возможностями. Таким образом, по окончании выпуска 339 самолетов F-22, идущих на замену истребителям F-15C, серийное производство может быть продолжено, что обеспечит максимальную унификацию парка истребительной и тактической ударной авиации США.

Узлы внешней подвески предполагается применять для перегоночных полетов или при ведении боевых действий в конфликтах малой интенсивности. На них можно разместить четыре сбрасываемых пилонa грузоподъемностью по 2270 кг. Под



каждым из них можно разместить по подвесному топливному баку (ПТБ) емкостью 2270 л. Кроме баков под каждый пилон можно подвесить по две



*F-22. Форма самолета оптимизирована для снижения ЭПР*

ракеты AMRAAM в транспортировочной конфигурации – без оперения. Альтернативная подвеска под каждый пилон включает в себя две ракеты AMRAAM или AIM-9 в боевой конфигурации, или одну бомбу JDAM. Пилоны один раз подверглись радикальной модернизации для преодоления флаттера.

Вместо планировавшихся ранее к использованию ПТБ от самолета F-15 в настоящее время разрабатываются новые баки – внешне такие же, но с возможностью внутренней перекачки топлива для поддержания положения центра масс.

Над правым воздухозаборником, за дверцами-створками, открывающимися для стрельбы, расположена модернизированная облегченная пушка

М61А-2. За основным отсеком вооружения, в центре масс самолета, находится снарядный отсек с системой беззвеньевой подачи боекомплекта разработки «Локхид-Мартин». Стреляные гильзы возвращаются в отсек для минимального изменения положения ЦМ и для предотвращения повреждения конструкции самолета выброшенными за борт гильзами.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Высокий уровень проектирования и интеграции позволил команде разработчиков выполнить требования по массе систем и их стоимости путем их «расчленения» на подсистемы.

Многие традиционные связи между системами были разорваны для того, чтобы получить максимальную пользу от интеграции. Система управления, например, включает в себя интегрированные системы управления самолетом и двигателем. Интегрированная система контроля снимает информацию о работе систем через шину данных. Эти системы, равно как и система управления подвеской, имеют вид блоков, установленных в БЦВМ. Для этих трех систем используется 18 блоков-процессоров производства «Тексас Инструментс».

Система управления самолетом разработана фирмой «Лир Астроникс». Она имеет высокий коэффициент новизны и сильно отличается от ЭДСУ, использовавшихся ранее. F-22 – первый самолет с



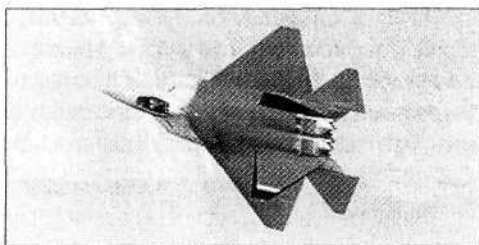
трехкратнорезервированной цифровой компьютеризованной СУ, не имеющей механического или электрического резервирования. Имеются две гидросистемы с давлением  $276 \text{ кгс/см}^2$ . Каждую поверхность управления приводит лишь один гидроцилиндр для экономии массы.

Система компенсации фиксирует поверхность управления в нейтральном положении при отказе гидроцилиндра привода.

Система управления (СУ) самолета управляет 14 поверхностями: горизонтальным оперением (ГО), элеронами, флаперонами, рулями направления, предкрылками, створками управления воздухозаборников и створками перепуска воздуха. Ограничений по углу атаки нет; вместе с тем, перегрузка и угловая скорость крена имеют ограничения в зависимости от режима полета, количества топлива в баках и наличной подвески для предотвращения перегруживания конструкции. Этот момент особенно важен при техобслуживании. В то время как F-16



*Маневрирование YF-22*

*F-22 на вираже*

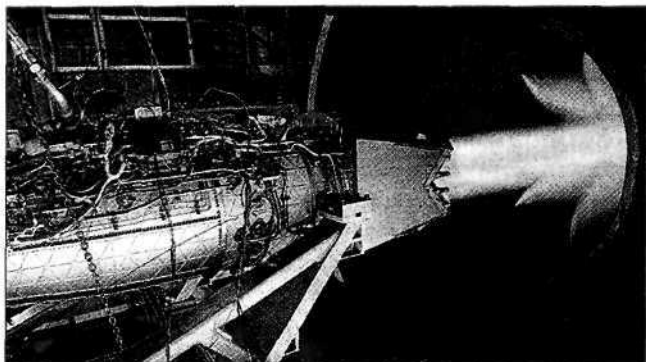
имеет ограничения лишь по симметричным нагрузкам и может быть перегружен по угловой скорости крена, у F-22 в наличии полная защита от перенапряжений по всем режимам полета. Летчик физически не в состоянии перегрузить самолет.

Информация о режиме полета поступает в БЦВМ от малозаметной системы датчиков фирмы «Роузмант», включающей в себя два датчика угла атаки и четыре конформные панели в носовой части самолета. При углах атаки более  $30^\circ$  и в случае отказа системы в работу включаются две лазерно-гироскопические инерциальные пилотажно-навигационные системы LN-100 фирмы «Литтон», используемые для определения углов атаки и сноса.

Другие функции СУ самолета включают в себя: режим резкого вздергивания самолета, включающийся при резкой даче ручки в продольном направлении, режим воздушного торможения, при котором дополнительное сопротивление создается с помощью рулей направления, флаперонов и элеронов,



сохраняющих и свои основные функции, а также управление носовой стойкой в трех режимах: малый радиус разворота, большой радиус разворота и режим самоориентирования, применяемый при выполнении «конвейера» – прерванной посадки.



*Испытания двигателя для F-22*

Управление самолетом с помощью интегрированной системы контроля (ИСК) позволило отказаться от радиационных приборов в кабине и дополнительных дисплеев. В ИСК входят: электрическая, гидравлическая, топливная, климатическая системы, система жизнеобеспечения, ВСУ, шасси, тормоза, система автоматического информирования, диагностики, а также монитор конструктивной целостности и нагрузок.

Двигатели приводят два генератора мощностью по 65 кВт (F-22 потребляет в основном постоянный

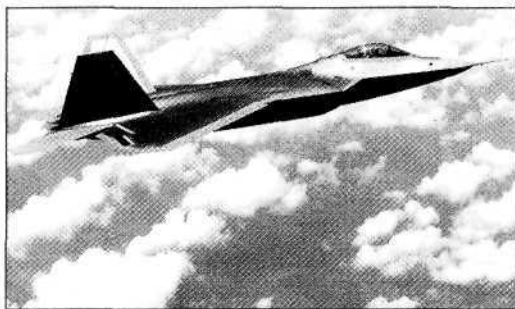
ток) и два гидронасоса производительностью по 270 л/мин. ВСУ «Эллайд Сигнал» G-250 имеет мощность на валу 335 кВт и приводит 27-кВт генератор и топливный насос (100 л/мин), перекачивающий топливо из восьми баков в передней и средней части фюзеляжа, крыле и хвостовых балках в расходный бак. Приемник системы дозаправки в воздухе находится на «спине» фюзеляжа и в нерабочем состоянии закрыт створками. Самолет можно заправить и на земле самотеком, без применения наземного топливозаправочного агрегата (ТЗА).

«Полностью интегрированная» климатическая система фирмы «Эллайд Сигнал» снабжает самолет кондиционированным воздухом в течение всего полета. Она состоит из трех основных компонентов: системы циркулирования воздуха с открытым циклом для охлаждения БРЭО и наддува системы жизнеобеспечения; испарительной системы с замкнутым циклом для жидкостного охлаждения БРЭО, в т. ч. антенн, и системы терморегуляции топлива, используемого в качестве хладагента – для предотвращения его возгорания.

Воздух, отбираемый от двигателей или ВСУ, охлаждается набегающим потоком в первичном теплообменнике. Так как охлаждение БРЭО необходимо производить с момента запуска двигателей, в тракты охлаждения при нулевой скорости воздух закачивается специальными компрессорами. Первично охлажденный воздух дополнительно рефрижерирован и поступает в систему обдува БРЭО,



в т. ч. к системам управления самолета и ИСК. Система жидкостного охлаждения поддерживает температуру в отсеках БРЭО около  $+15^{\circ}\text{C}$  и использует в качестве хладагента полиальфаолифин. Топливо охлаждается набегаящим потоком в специальных теплообменниках, его температура перед поступлением в двигатель регулируется специальной системой.



*«Рэптор» в полете. Все вооружение размещено во внутренних отсеках*

Шасси фирмы «Менаско» имеют электрическую СУ и гидропривод. Системы управления тормозами и передней стойкой шасси – цифровые. Система управления тормозами обеспечивает отсутствие юза основных колес и предотвращает блокировку колес на торможении при посадке и рулении.

Системы F-22 спроектированы устойчивыми к повреждению так же, как и планер, причем любой одиночный отказ не может привести к отказу всей





системы. Каналы управления зарезервированы, существует несколько независимых источников энергии, силовые приводы в большинстве дублированы, так что к катастрофе самолет могут привести лишь несколько серийных отказов, говорят разработчики.

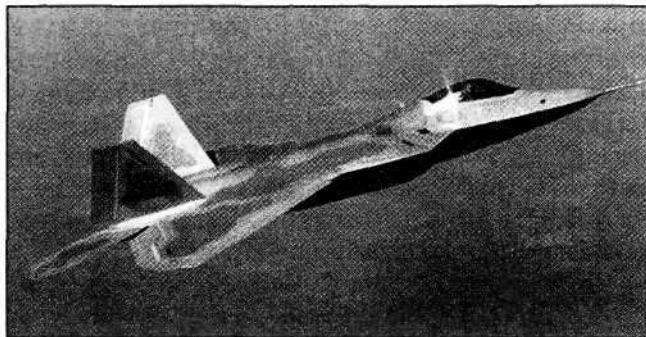
## ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

В случае с F-22 требования сверхзвуковой крейсерской скорости подразумевало создание новой силовой установки. Двигатель F-119-100 является ТРДДФ с малой степенью двухконтурности. По сравнению с двигателем «Пратт-Уитни» F-100-200, установленным на самолетах F-15, он имеет на 100% большую статическую тягу без форсажа и на 50% большую – на форсаже на сверхзвуке. Количество деталей в нем меньше на 40%, в то время как надежность, ремонтпригодность и простота обслуживания его лучше на 80%.

Требование достижения высокой тяговооруженности было удовлетворено путем применения минимально возможного количества ступеней, что положительно повлияло на стоимость и массу, позволив создать короткий и простой двигатель. Требование к сверхзвуковому бесфорсажному режиму определило величины запаса прочности и КПД агрегатов, а также вынудило создателей задать более термонапряженный режим работы турбокомпрессора, чем на F-100, при сохранении ресурса.

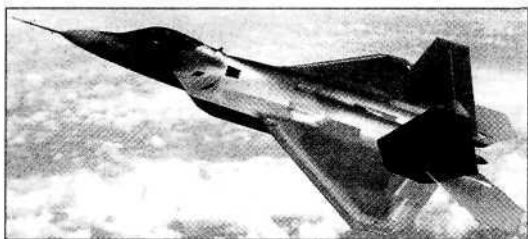


Контракты на проектирование экспериментально-демонстрационных двигателей для программы ATF были выданы фирмам «Дженерал Электрик» и «Пратт-Уитни» за три года до начала программы самого самолета. Формулировка контрактных условий была самой общей для того, чтобы открыть фирмам-участникам свободу действий в условиях повышенного технического риска. Для «Пратт-Уитни» контракт включал в себя разработку и постройку двух образцов двигателя PW5000 и сооружений и установок для испытаний агрегатов двигателя.



*«Рэптор»-01*

Контракты на постройку прототипов двигателей были выданы в июне 1986 г., причем PW5000 стал YF-119, а его конкурент «Дженерал Электрик» GE-37 – YF-120. Решение «Пратт-Уитни» создавать экспериментальный двигатель в «летной массе» свело к минимуму видоизменения при создании F-119. Второй опытный

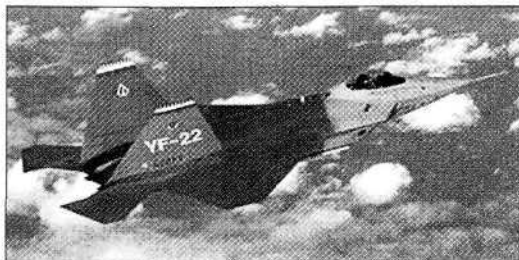
*F-22A на вираже*

самолет, оснащенный этими двигателями, взлетел в октябре 1990 г. Через месяц самолет развил сверхзвуковую скорость на бесфорсажном режиме.

По заявлению представителя «Пратт-Уитни», при проектировании двигателя в конструкцию была заложена несколько неоптимальная величина пропускной способности турбокомпрессора. Но даже без каких-либо изменений он показал хорошие характеристики. Был срочно разработан и испытан в наземных условиях новый вентилятор. В результате серийный F-119 развивает на 10–15% большую тягу при лучшей экономичности.

Двигатель имеет трехступенчатый вентилятор и шестиступенчатый компрессор с цельными монолитными дисками ступеней для уменьшения массы. Кроме того, подобная конструкция избавлена от потерь на перетекание воздуха в местах крепления лопаток.

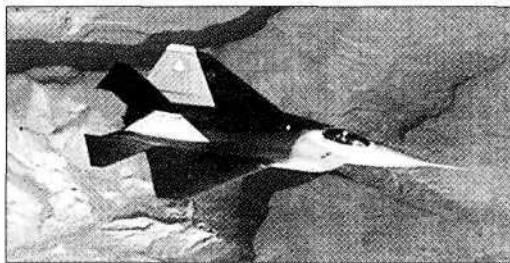
Работа «Пратт-Уитни» над соплами с УВТ началась с установки экспериментальных плоских сопел



*Опытный самолет YF-22*

на самолете F-15, что позволило сократить взлетную и посадочную дистанции и несколько увеличить маневренность.

На YF-22 установлены более совершенные плоские отклоняемые малозаметные сопла, а на серийном самолете их конструкция еще более современна. Створки сопел имеют сужающийся и расширяющийся участки, позволяющие регулировать проходное сечение сопла в больших пределах. УВТ осуществляется в пределах  $\pm 20^\circ$ , причем перекладка из одного крайнего положения в другое занимает 1 с. Створки сопла охлаждаются воздухом для уменьшения ИК сигнатуры самолета и имеют специфическую форму для уменьшения ЭПР. Синхронное УВТ используется для компенсации уменьшения эффективности ГО на малых скоростях полета и на больших углах атаки, что позволяет разворачивать хвостовую часть и осуществлять прицеливание на этих режимах. Управление двигателем и УВТ осуществля-

*YF-22 на фоне земли*

ется с помощью двукратно резервированной электронной цифровой системы FADEC фирмы «Гамильтон Стэндард», интегрированной в СУ самолета.

Простота обслуживания была одним из основополагающих требований при проектировании силовой установки. Новый двигатель не имеет сервисных систем, смонтированных на его обечайке, а агрегаты, которые могут потребовать замены, расположены «в один этаж», не накрывая друг друга. Каждый из 20 таких агрегатов может быть заменен за 20 мин. Доступ к каждому из них прост. Большинство агрегатов при замене требуют лишь одного инструмента.

Количество, масса и стоимость вспомогательного оборудования снижены в два раза по сравнению с более старыми двигателями.

Опытные экземпляры двигателя, предназначенные для летных испытаний, произведены на заводе в г. Миддлтаун (Коннектикут). F-119 собирается на



«многоцелевой линии» рядом с производством коммерческих ТРДД. Серийные двигатели будут выпускаться на заводе «Пратт-Уитни» в г. Вест Палм Бич (Калифорния).

## МАТЕРИАЛЫ

На фирме «Локхид-Мартин» уже создана линия окончательной сборки, на которой с небывалой до настоящего времени точностью были собраны первые предсерийные самолеты.

Несмотря на внешнюю схожесть с прототипом, серийный самолет сильно отличается от него по внутреннему устройству – это результат нескольких инженерных итераций, имевших целью уменьшение массы, а также с целью упрощения технологии производства и снижения его стоимости. Наиболее существенные изменения были внесены в ассортимент применяемых материалов. На прототипе 32% от массы планера составлял алюминий, 27% – титан и 21% – композиты. Для серийного самолета эти процентовки составили соответственно 16, 39 и 24%.

Процент применения титана был увеличен в ущерб алюминию для увеличения сопротивляемости нагрузкам, температурам и повреждениям. Изначально композиты должны были составлять 35% по массе, но соображения стоимости заставили снизить массовый процент примененных в конструкции термопластов с 11 до 1%.



*На взлетно-посадочной полосе*

В конструкции применены два титановых сплава – Ti6-2-2-2-2 и Ti6-4. На F-22 впервые применен последний сплав в виде горячих изостатических штамповок – обтекателей приводов флаперонов, элеронов и рулей направления, заливов крыла и окантовок воздухозаборников. Их производит фирма «Хаумет». Все они воспринимают большие нагрузки.

Хвостовые балки, воспринимающие крутильные и термические нагрузки, на прототипах были выполнены из сплава Ti6-4, упрочненного электронным пучком. Дополнительное упрочнение производится в вакуумной камере струей воздуха в ходе процесса, управляемого компьютером, позволяющего равно упрочнить балку со всех сторон. В более раннем процессе было возможно лишь упрочнение прямолинейных поверхностей. Для экономии массы на серийных самолетах было решено выполнить хвостовые балки из композита.

Каждый третий композитный лонжерон крыла в ходе доработок был заменен на титановый после по-



жарных испытаний, в ходе которых выяснилось, что конструкция не способна выдержать разрыв снаряда в крыльевом баке – отсеке. Титан также применен в четырех из семи фюзеляжных силовых шпангоутах (прецизионные отливки, фирма «Уаймэн – Гордон»). Титановые сотовые наполнители имеются в конструкции створок двигательного отсека. Их производит фирма «Рор».

Титановые решетки отверстий забора воздуха, необходимые для снижения ЭПР, имеют сотни прецизионно прорезанных гидроабразивной струей отверстий. Алюминий применен исключительно в виде коррозионно устойчивых сплавов. Силовой

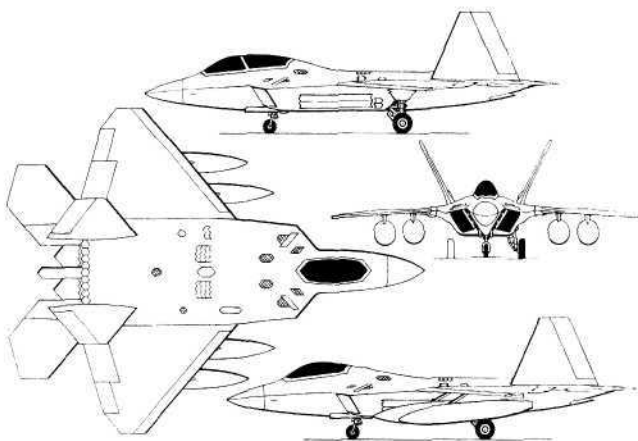
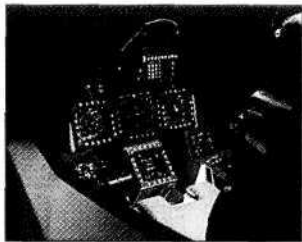


Схема самолета XF-22A



лонжерон, соединяющий носовую и среднюю части фюзеляжа, является наиболее сложной алюминиевой деталью – длина его составляет 5,5 м при переменном поперечном сечении. Для этой детали был подготовлен специальный режим термообработки.



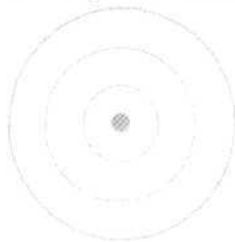
*В кабине самолета*

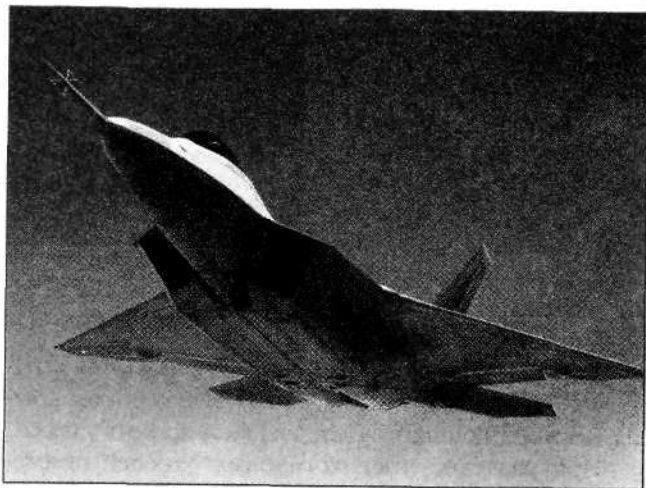
Углеволоконные композиты используются в панелях обшивки, промежуточных лонжеронах крыла, несилевых шпангоутах, дверях и прочих узлах.

При разделке углепластиковых панелей применяются лазерная компьютеризованная разметка и высокоточный стальной разделительный инструмент фирмы «Инвар».

Термопласты применяются там, где нужна лишь жесткость – в конструкции шасси, створок отсека вооружения и т. д.

Наиболее ответственной композитной деталью является ось навески ГО, бывшая на прототипе титановой.



*F-22 в полете*

## ПЕРВЫЕ ОПЫТЫ

В ходе летных испытаний и компьютерного моделирования нагрузок на хвостовые балки выяснилось, что они имеют недостаточную прочность и при маневрировании с большими перегрузками могут деформироваться. ВВС США ввели ограничения на допустимую перегрузку в ходе дальнейших испытаний вплоть до решения проблемы прочности балок. Балки и хвостовую часть фюзеляжа планируется радикально перепроектировать, утолщив их стенки.

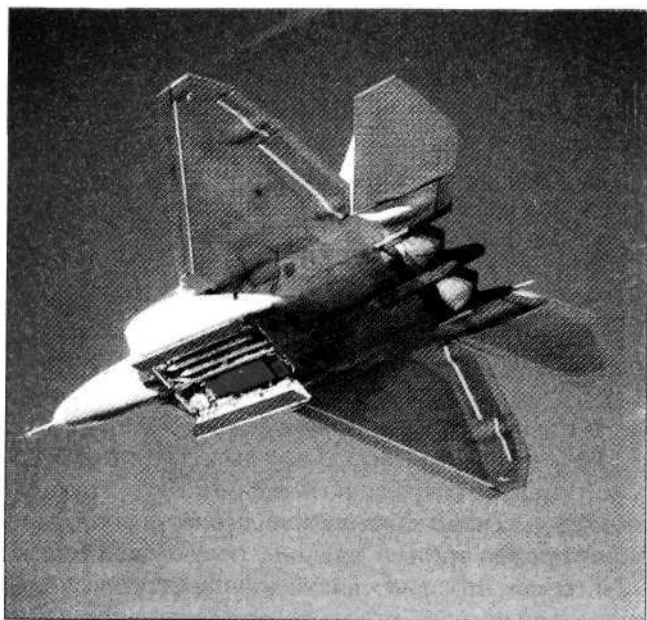
Проблема прочности хвостовых балок самолета почти не повлияла на график летных испытаний и всей программы. Два образца истребителя, проходивших на тот момент программу летных испытаний на авиабазе Эдвардс, были модифицированы полевой инженерной командой фирмы «Боинг» – изготовителя балок и хвостовой части фюзеляжа. Этот процесс занял около двух недель.

F-22 является самолетом, собранным из цельноформованных элементов, благодаря чему удалось избавиться от нескольких тысяч технологических ступеней. Решение фрезеровать шпангоуты самолета из плит, а не из поволоков также сократило время на внесение изменений в конструкцию.

Комплекующие для первых двух самолетов были уже готовы, но оперативно внесенные в конструкцию по ходу дела изменения позволили внести поправки в конструкцию третьей машины, получившей индекс «2-я серия». Это явилось победой проектировщиков, вычисливших ошибку до первого полета самолета. На более ранних машинах подобный дефект обнаруживался лишь в ходе летных испытаний. Устранение его потребовало бы гораздо больших затрат.

Точное выдерживание внешней формы самолета критично для уменьшения ЭПР. С использованием той же САПР CATIA и трехмерной базы данных стало возможным контролировать форму самолета с минимальными допусками.

Для стыковки крыла, изготовленного в Сиэттле, передней части фюзеляжа из Мариетты, средней из



*«Рэптор» с открытыми створками отсека вооружения*

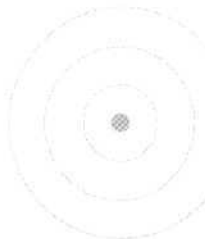
Форт-Уэрта и задней из Сиэттла требуются допуски 0,15 мм. На этапе окончательной сборки в Мариетте применяется электронная сварка с помощью лазерного теодолита и САПР. Окончательная сборка осуществляется с помощью оборудования английской фирмы «Хайд Групп».

В настоящее время основной задачей технологов является внедрение накопленного передового опы-



та в серийное производство для снижения его стоимости. Разработчики уже сейчас могут «предсказать» производство благодаря наличию информации обо всех произведенных деталях в базе данных, включая и их стоимость.

Для того чтобы производство окупилось, необходимо снижать стоимость материала, уходящего в отходы. В частности, для этого некоторые фрезерованные детали будут заменены в серии поковками. Это поднимет стоимость собственно деталей, но сократит стоимость отходов, составляя определенную экономию. Больше место должно отводиться технологии НРС, так как весьма дорогая оснастка позволяет быстро и дешево производить нужные детали из композиционных материалов (КМ).



*В испытательном полете*



## СПЕЦИАЛЬНАЯ ОКРАСКА

Здание L-64 на заводе в Мариэтте – не покрасочная мастерская, но здесь самолеты будут проходить покраску перед отправкой на проверку величины ЭПР. Каждый из F-22 будет проводить здесь около 20 дней для автоматического нанесения окраски покрытием, снижающим ЭПР. Это не покраска в традиционном понимании.

На самолет будет нанесено спецпокрытие, это сделает робот стоимостью 5 млн долл. Робот меньших размеров будет наносить покрытие на демонтируемые части.

Большой робот-манипулятор с девятью суставами является модификацией агрегата, разработанного фирмой «Пратт-Уитни» для нанесения лакокрасочных покрытий.

Робот размещен на автоматической самодвижущейся платформе фирмы «Ментор Текнолоджиз», которая по мере нанесения покрытия огибает самолет по подковообразному пути.

Для испытания покрасочной системы фирмой ATI был построен алюминиево-фибергласовый макет самолета, точно повторяющий его внешнюю форму и доработанный с помощью системы САПР CATIA.

Распыление происходит на расстоянии 250 мм, мелкие детали окрашиваются с дистанции 150 мм. Камуфляж наносится путем отсечки краски, без применения масок.

*F-22A в полете*

Основным критерием при покраске с помощью робота была не стоимость, а равномерность и равная толщина покрытия, а также уменьшение количества технологических операций.

## ИСПЫТАНИЯ

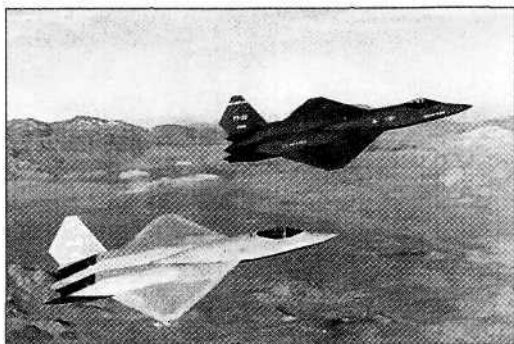
Для доказательства того, что F-22 по крайней мере вдвое эффективнее F-15 в бою, как указано в контракте, потребуются полномасштабные испытания. Для накопления данных для такого сравнения будет ис-





пользоваться компьютерное моделирование около 1 млн дуэльных ситуаций.

На тренажерах будет проиграно 1000 реальных боевых заданий с участием шести летчиков против 80 различных типов самолетов и 80 типов наземной угрозы. В финале будут проведены летные испытания с проигрыванием нескольких сот ситуаций, приближенных к боевым.



*Групповой полет YF-23A*

Как и все остальные аспекты программы, летные испытания интегрированы. Объединенная команда испытателей на авиабазе Эдвардс соединяет в себе представителей как фирм-разработчиков, так и ВВС. Главой команды является представитель ВВС США.

Если в предыдущих программах представители поставщика и заказчика работали параллельно, то теперь они объединяют свои усилия.





Требования к процессу летного испытания систем БРЭО были разработаны в середине 1997 г., несмотря на то, что самолет, предназначенный для них, номер 4004, полетел лишь в 1999 г. Основное число боевых ситуаций включает один F-22 против четырех целей, но были разработаны и обыграны сценарии для двух F-22 против 12 целей.

Программа летных испытаний была пересмотрена для выделения большего времени на испытания интегрированного БРЭО. Количество летных часов было урезано, но вместе с тем вся программа была растянута на девять месяцев. Не представляется возможным производить испытания какого-либо элемента БРЭО, например РЛС, в отрыве от остального оборудования.

Контрольно-измерительная аппаратура была разработана с помощью САПР CATIA и СОМОК. Она уже установлена на первом серийном самолете. Проверки КИА были произведены специалистами с «Боинга» и «Локхид-Мартин». Во время сборки телеметрии посылала данные о ней. Блок телеметрии находился в отсеке вооружения. Первый серийный самолет, №4001, предназначен для испытаний на расширение допустимых режимов полета, флаттер, измерение нагрузок и управляемость. Самолет № 4002 используется для испытаний двигателей и поведения на больших углах атаки, № 4003 стал первым самолетом второй серии, он используется для расширения допустимых режимов полета. № 4004–4009 будут использоваться для испытаний БРЭО. Послед-



ние два самолета опытной серии и два первых серийных самолета пройдут программу испытаний в условиях, приближенных к боевым, и будут использованы в дальнейшем для ознакомления летного состава с самолетом.

Тренировки персонала для летных испытаний начались в ноябре 1996 г. В январе летный персонал прошел тренировки на макете кабины самолета, в апреле был освоен тренажер самолета в Мариетте, а далее состоялся первый полет на самолете F-15 летчика в новом костюме. Последние приготовления



*F-22 на вираже*



запланированы непосредственно перед первым полетом.

В ходе беспрецедентной программы испытаний программное обеспечение системы пилотирования для F-22 за год до первого полета прошло обкатку на самолете – ЛЛ F-16 VISTA для проверки характеристик управляемости.

На заводе «Локхид-Мартин» в Форт-Уэрте имеется стенд для отработки топливной системы F-22. Он представляет собой шарнирно закрепленную платформу, на которой собрана вся топливная система самолета, включая четыре ПТБ. На этом стенде отбатываются законы перекачки топлива для сохранения центра масс при различных положениях и резких эволюциях самолета. Платформа может имитировать угол атаки до 60° и режим дозаправки в воздухе.

Другой стенд предназначен для отработки электрической и гидравлической систем. Он активно используется в ходе программы летных испытаний для обнаружения и ликвидации возможных неполадок.

В Форт-Уэрте также имеется лаборатория, отвечающая за характеристики управляемости.

Фирма «Боинг» отвечает за сопряжение и интеграцию БРЭО. Для начальных исследований, проводящихся с февраля 1997 г., использовались лаборатория и сооружения на территории фирмы в г. Сиэттл, в ходе летных испытаний используется сооружение, в свое время построенное для поддержки испытаний



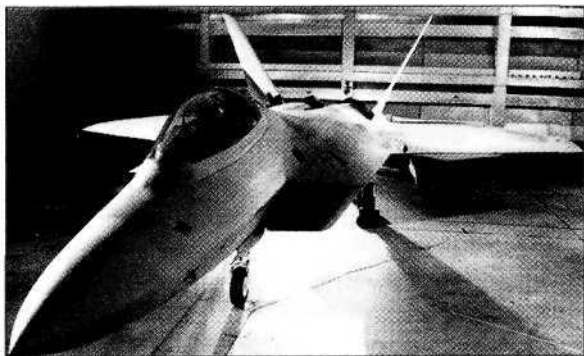
самолетов В-1 и F-16 на базе Эдвардс. Испытания начались в августе 1999 г.

Наземные сооружения для испытаний БРЭО продублированы также на ЛЛ «Боинг-757». На самолете установили носовую часть F-22 с БРЛС. В августе 1997 г., после внесения конструктивных изменений, самолет перелетел в Вичиту, где на него установили бортовой комплекс БРЭО F-22. В августе 1998 г. на самолет установили крыльевые антенны и датчики для проведения второй фазы испытаний. Эта аппаратура размещена на надфюзеляжном неподвижном переднем горизонтальном оперении (ПГО) размахом 8,5 м, имитирующем крыло F-22. «Хитрым расположением датчиков на самолете еще заставит нас прочесать наши лысины насквозь», — сказал шеф программы самолета ЛЛ Том Скелли. Специальное подразделение занимается просчетом аэродинамики и продувками модели ЛЛ. В конце 1998 г., после установки имитации крыла, ЛЛ продолжила программу испытаний. В испытательных полетах находились 25 техников, которые вносили в систему изменения по мере надобности.

Первый полет F-22А был назначен на 29 мая 1997 г., когда самолет № 4001 должен был быть подготовлен к перегону с базы Доббинс в г. Мариэтта на испытательный комплекс авиабазы Эдвардс в Калифорнии. Задержка произошла из-за необходимости замены элементной базы БЦВМ, а также из-за некоторых дефектов технологического характера: в частности, была обнаружена протечка в первом фюзеляжном



топливном баке, затем серьезно барахлила ВСУ. В результате F-22A оторвался от земли лишь 21 сентября 1997 г. Затем, после нескольких относительно коротких полетов, он подвергся различным наземным испытаниям, проверкам и калибровкам, после которых была проведена серия испытательных полетов, в ходе которых, в частности, была отработана дозаправка в воздухе в ходе перегона на авиабазу Эдвардс.



*Демонстрационный снимок самолета*

8 апреля 1999 г., после трех месяцев доводочных работ, наземных испытаний и модернизации, состоялся полет второго предсерийного образца истребителя F-22A. Самолет был оснащен новыми тормозами колес шасси, топливными насосами и датчиками. Приводы горизонтального оперения были заменены на более мощные. На самолете установи-



ли противощтопорный парашют для проведения испытаний на закритических углах атаки. В ходе второго этапа летных испытаний, который рассчитан на восемь месяцев, первые два предсерийных самолета продемонстрировали возможность крейсерского полета на сверхзвуковой скорости, максимальную скорость, соответствующую числу  $M = 1,8$ , а также маневрирование на закритических углах атаки с использованием системы УВТ.



*Два первых «Рэптора» на стоянке*

К концу 1999 г. были завершены летные испытания ботового комплекса самолета F-22 первой серии, установленного на борту ЛЛ «Боинг-757». В 2000 г. на борту ЛЛ отработывалось именно взаимное интегрирование различных систем самолета.

В носовой части ЛЛ по-прежнему установлена БРЛС «Нортроп-Грумман» APG-77 с фазированной антенной решеткой. В ходе демонстрационного полета в г. Вашингтон, где ЛЛ демонстрировалась представителям Конгресса США, был выполнен перехват двух истребителей F-16 ВВС Национальной гвардии, в ходе которого БРЛС продемонстрировала возмож-



ность держать неприятельский самолет в ракетном захвате в ходе маневра, при котором у РЛС с подвижной антенной произошел бы срыв захвата.

Кроме РЛС на ЛЛ также установлены: имитатор кабины истребителя F-22, система мониторинга планера и двигателей, система контроля боевой подвески, полностью интегрированная БЦВМ, а также инерциальная навигационная система.

Использование ЛЛ в ходе испытаний способствовало выявлению и своевременному устранению сбоев в работе навигационной системы, проявление которых в ходе испытательных полетов на самом истребителе могло бы вызывать серьезную задержку в программе.

В августе 1999 г. на ЛЛ были смонтированы система связи, навигации и идентификации, а также комплекс РЭБ. Их элементы разместились внутри крыла, смонтированного над кабиной экипажа ЛЛ. После интеграции всех систем ЛЛ с бортовым комплексом РЭО, соответствующим самолету F-22 второй серии, продолжила программу испытаний. В конце 1999 г. была проведена модернизация системы до уровня серии 3S. Начались испытания работы датчиков самолета в полете. По завершении испытаний БРЭО серии 3S истребитель был признан готовым к запуску в серию.

Проблемы, возникшие в ходе летных испытаний истребителя F-22A, ставят под угрозу закрытия всю программу. Это связано с непредвиденным перерасходом средств, выделенных на программу Конгрес-



сом США. С целью минимизации затрат программа летных испытаний самолета и оставшихся НИОКР ужата по срокам.

В настоящее время программа вступила в стадию отладки программного обеспечения БЦВМ, на которую отведено три года. Это очень небольшой срок, особенно учитывая тот факт, что все большее и большее число программистов и инженеров по отладке программ переориентируются с F-22 на решение других задач или вообще увольняются. В одном случае, для того чтобы заполнить образовавшуюся вакансию, фирме «Локхид-Мартин» пришлось потратить семь месяцев. В случае если «утечка мозгов» из программы продолжится с прежним темпом, фирма просто не сможет разработать следующие ступени программного обеспечения БРЭО для F-22. Одним из методов радикального решения проблемы является разработка программного обеспечения в виде компактных модулей, которые можно будет использовать в разных системах оружия.

ВВС США также работают над тем, чтобы не сорвать срок поступления F-22 на вооружение в декабре 2005 г. В настоящее время создана команда из представителей заказчика, испытателей и инженеров фирм «Боинг» и «Локхид-Мартин» для того, чтобы определить первоочередные задачи по интенсификации процесса доводки истребителя.

Кроме проволочек, связанных с доводкой программного обеспечения, требуют решения некото-



рые проблемы технического порядка. В частности, было отмечено несколько случаев растрескивания фонаря кабины и выявлена недостаточная прочность некоторых узлов. В результате программа летных испытаний проходит с темпом в среднем один испытательный полет в 12 дней вместо одного полета в три дня. Слишком много времени тратится также на расшифровку показаний контрольно-записывающей аппаратуры и юстировку БРЭО. Продление сроков программы летных испытаний вряд ли представляется возможным, т. к. на это требуются значительные дополнительные ассигнования и санкция Конгресса. В настоящее время на эти цели уже ассигновано 18,8 млрд долл., и конгрессмены настроены очень жестко в вопросе о выделении дополнительных средств.

Четвертый предсерийный самолет, на котором планировалось провести испытания интегрированной системы БРЭО, до конца 2000 г. находился на заводе-изготовителе в г. Мариетта из-за проблем с системой охлаждения оборудования. В настоящее время

*Дисплей на  
приборной  
доске  
летчика  
F-22*





причина неполадки установлена и в программное обеспечение внесены соответствующие изменения, но данная неисправность также задержала выполнение программы.



*YF-22. Вид сбоку*

Первоначально программа летных испытаний насчитывала 1700 часов, в настоящее время, в связи с выявленными проблемами, ее продлили до 1970 ч, но куратор программы со стороны заказчика генерал-майор Болтон считает, что и этого времени может оказаться недостаточно. Для того чтобы начать приемо-сдаточные испытания самолета, как запланировано, в августе 2002 г., придется изыскивать дополнительные резервы интенсификации. В частности, испытания интегрированной системы БРЭО и программного обеспечения третьей ступени начались уже в конце 2000 г. Это стало возможно благодаря внедрению системы случайных проверок вместо полного контроля результатов испытаний, так как реальные характеристики систем БРЭО вполне соответствуют смоделированным на стендах.

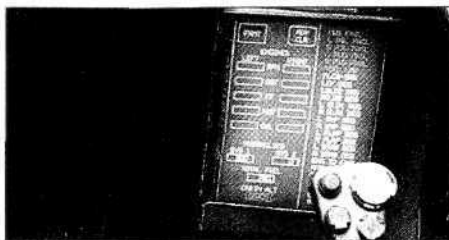


В декабре 2000 г. МО США вынесло окончательное решение о запуске самолета F-22A в серийное производство.

Программа летных испытаний этой машины серьезно отстала от графика. В настоящее время ВВС США вынуждены были изменить график проведения летных испытаний для того, чтобы наверстать упущенные летные часы. В 2000 г. самолеты опытной партии налетали всего 324 ч из 590 запланированных. В качестве причин задержек называют: проблемы с растрескиванием фонаря кабины; несвоевременную поставку самолетов заказчику; починку поврежденных флаперонов; прочностные проблемы с осями навески флаперонов; неисправности в системе жизнеобеспечения, а также неполадки в системе выпуска тормозного газа. Некоторое время занимали также дополнительные проверки тока воздуха в тракте воздухозаборников двигателя.

В настоящее время в процессе летных испытаний на авиабазе Эдвардс принимают участие четыре самолета опытной серии. До конца 2001 г. к ним должны присоединиться еще пять самолетов, в результате опытная серия (девять машин) до начала 2002 г. должна быть поставлена полностью.

К марту 2001 г. самолеты опытной серии налетали всего около 900 ч. из программы летных испытаний, рассчитанной на 3760 летных часов. Согласно отчету Статистического управления МО США, из запланированных на 2001 г. 300 летных часов, отведенных на испытания БРЭО, было отлетано всего 2 летных часа.



*Фрагмент  
кабины летчика  
F-22*

Программа летных испытаний БРЭО, рассчитанная до августа 2002 г., включает 1900 л. ч.

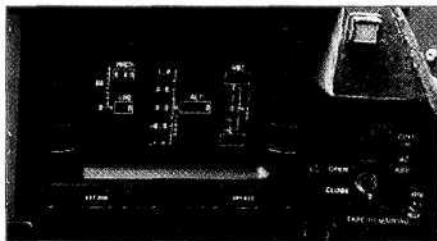
Первоначально планировалось завершить программу летных испытаний F-22A к августу 2002 г. Согласно рекомендациям Статистического управления, следует ограничить выпуск с малым темпом истребителей F-22A до 10 машин в год вплоть до завершения этапа войсковых испытаний. На 2001 финансовый год запланирован выпуск 10 самолетов, на 2002-й – 16, а на 2003-й – 24. Ежегодный полный темп выпуска F-22A, согласно существующим планам, должен быть достигнут к 2004 финансовому году и составит 36 самолетов в год.

Команда летчиков-испытателей от ВВС США («Тайгер Тим»), испытывающая F-22A, внесла свое предложение, состоящее в том, чтобы отложить начало войсковых испытаний, которые должны были начаться в августе 2002 г., минимум на шесть месяцев, для того чтобы выкроить дополнительное время на летные испытания.

Чиновник, ответственный за летные испытания при МО США, высказал мнение, что начало войско-



Фрагмент кабины  
летчика F-22



вых испытаний самолета F-22A придется отложить на срок от 9 мес., до 1 года. Естественно, это отодвинет срок достижения самолетом первоначальной боевой готовности на неопределенное время. Это, безусловно, отразится и на сроках реализации, и на стоимости программы в худшую сторону.

## ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ

Разработка систем обслуживания и обучения персонала одновременно с самолетом позволила в полной мере использовать преимущества интегрированного БРЭО самолета. Он имеет встроенную диагностическую систему, позволяющую вообще отказаться от наземной диагностической системы. Программное обеспечение разрабатывается таким образом, чтобы использоваться как на самолетах, так и на тренажерах.

Наземное обслуживание самолета организовано так, чтобы минимизировать количество установок и технического аэродромного персонала. Дублирование бортовых систем обслуживания и диагностики наземными исключается.



Эта программа является первой, в которой система обслуживания проектируется вместе с самолетом. Некоторое оборудование уже создано и используется на сборочной линии.

Самолет имеет две черты, позволяющие сократить количество единиц обслуживающей техники: во-первых, на нем установлена ВСУ, а также кислородный генератор и генератор инертного газа, что позволяет отказаться от большинства моторизованных наземных агрегатов, обеспечивающих предполетную подготовку, а стало быть, и число транспортных самолетов, обеспечивающих развертывание F-22. В то же время интегрированное БРЭО самолета позволяет в случае отказа передать функции дублирующему органу и избавиться от набора промежуточного БРЭО.

Система диагностики позволяет вычленить любой отказ и передать функции дублирующему оборудованию. Она не требует дополнительного наземного оборудования диагностики неисправностей.

Для информирования обслуживающего персонала о состоянии систем самолета используется интегрированная информационная система обслуживания.



*Фрагмент  
кабины  
летчика F-22*

Она состоит из трех блоков: поддержки техобслуживания, стоящего на самолете; портативного блока техобслуживания, присоединяемого к самолету в ходе обслуживания; терминала обслуживания на авиабазе.

Система обучения была интегрирована в программу с первого ее дня. Это первый прецедент такого подхода. За эту область отвечает фирма «Боинг». Ее концепция базируется на четырех основных элементах: технологиях обучения, созданных для самолета «Боинг-777»; использовании прогрессивного коммерческого опыта, имеющихся гражданских разработок, а также БРЭО и программного обеспечения для реального F-22.

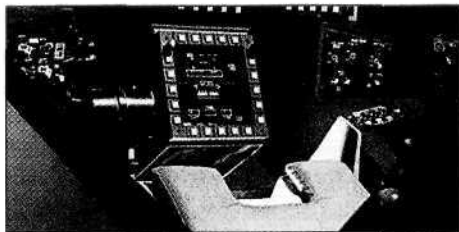
Программы обучения как летчиков, так и персонала ориентированы на использование простых и эффективных малобюджетных тренажеров базового обучения.

Процесс обучения прост и интересен, так как из него удалены многие рутинные операции. К моменту начала обучения на тренажере самолета летчик будет уже уметь производить многие простые операции в ходе компьютеризованного курса обучения. Такой подход экономит 30% времени обучения. Процесс обучения летчика будет занимать 104 дня.

Будут использованы три основных типа тренажеров – тренажер заданий, тактический и тренажер стандартных процедур. Пройдя курс обучения на этих тренажерах, летчик будет приступать к курсу повышенной подготовки на тренажере самолета.



*Фрагмент  
кабины  
летчика F-22*



Для обучения техников будут использоваться девять основных типов тренажеров. Процесс обучения построен по тому же принципу, что и для летчиков.

## ИЗМЕНИВШИЙСЯ ХАРАКТЕР УГРОЗЫ

В настоящее время почти не подлежит сомнению, что самолеты, против которых создавался F-22, никогда не поступят на вооружение. С падением СССР ВВС США видят основную угрозу своему доминированию в воздухе в остром желании российских производителей авиатехники, страдающих от отсутствия денег, завоевать новые рынки сбыта самолетов и новейших средств ПВО, а также в желании европейских стран поддержать свою оборонную промышленность за счет экспортных поставок.

Микояновский истребитель пятого поколения, изделие 1-42, продемонстрированный публике в 1999 г., является лишь демонстратором технологий.

F-22 воплощает в себе желание ВВС США добиться превосходства в воздухе и нежелание даже со-





стояния паритета. F-22 призван обеспечить превосходство в воздухе над той угрозой, которую будет представлять Россия с конца 1990-х гг. и на несколько десятилетий далее.

F-22 призван обеспечить ВВС США силой, способной уничтожить любую как существующую, так и предполагаемую угрозу, которая может возникнуть в XXI в. Эта угроза включает в себя не только самолеты МиГ-29 и Су-27 последних модификаций, но и те, которыми они будут заменены.

При разработке требований к этим самолетам нового поколения советские конструкторы заложили в них возможность противостоять самолетам по программе АТЕ.

В середине 1980-х гг. как американские, так и европейские концептуальные проработки истребителей нового поколения выполнялись по схеме «утка». Самолеты «Рафаль», «Грипен» и «Еврофайтер» выполнены по этой схеме. Россия пошла по этому же пути, в ЦАГИ продувалось большое количество моделей самолетов этой схемы.

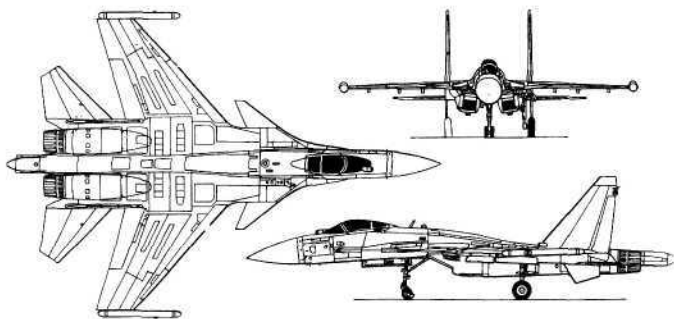
ПГО также присутствует на Су-27М, иногда называемом на суховской фирме Су-35 и Су-37. Изделие 1-42 также выполнено по схеме «утка».

Фирма «Люлька-Сатурн» должна была построить новый двигатель для этого самолета, по своим характеристикам превосходящий АЛ-31, установленный на Су-27. Этот двигатель, названный АЛ-41, оказался наиболее технически сложной частью программы 1-42. По мнению МАПО «МиГ», именно



задержки с двигателем привели к задержке всей программы.

Конфигурация МФИ прошла несколько итераций, в результате, скорее всего, в его конструкцию будут внедрены элементы малой заметности. В этой связи надо отметить, что российские конструкторы имеют подход к снижению ЭПР и ИК заметности самолетов, принципиально отличающийся от американского.



*Схема Су-37 – самой совершенной модификации Су-27*

Если программа МФИ так и останется экспериментальной, ВВС России будут вынуждены пересмотреть требования к самолету 5-го поколения. Наверняка будут отслеживаться процесс эволюции F-22, возрастание стоимости программы и снижение числа закупаемых самолетов. ●

«Сухой» представил свою новую разработку, С-37 «Беркут». Впервые на боевой машине было применено



крыло обратной стреловидности, дающее самолету прекрасные маневренные характеристики и несколько снижающее лобовое сопротивление в полете. В сочетании с высокой энерговооруженностью крыло с обратной стреловидностью делает С-37 сверхманевренной машиной.

«Беркут» выполнен по аэродинамической схеме «продольный интегральный триплан», ставшей фирменной особенностью самолетов ОКБ им. Сухого. Крыло плавно сопрягается с фюзеляжем, образуя единую несущую систему. К особенностям компоновки относятся развитые крыльевые наплывы, под которыми помещены нерегулируемые воздухозаборники двигателей, имеющие в сечении форму, близкую к сектору круга. Отказ от системы управления воздухозаборником позволяет несколько уменьшить радиолокационную заметность, однако приводит к снижению максимальной скорости до 2000–2200 км/ч.

Планер самолета изготовлен с широким использованием композиционных материалов. Самолет «Беркут» выполнен в соответствии с требованиями технологии «стэлс», он обладает уменьшенной радиолокационной и тепловой заметностью. В конструкции планера широко использованы радиопоглощающие материалы и специальные покрытия. Крыло истребителя, на 90% изготовленное из КМ, имеет развитую корневую часть с большим (порядка 75°) прямым углом стреловидности по передней кромке и плавно сопрягаемую с ней консольную



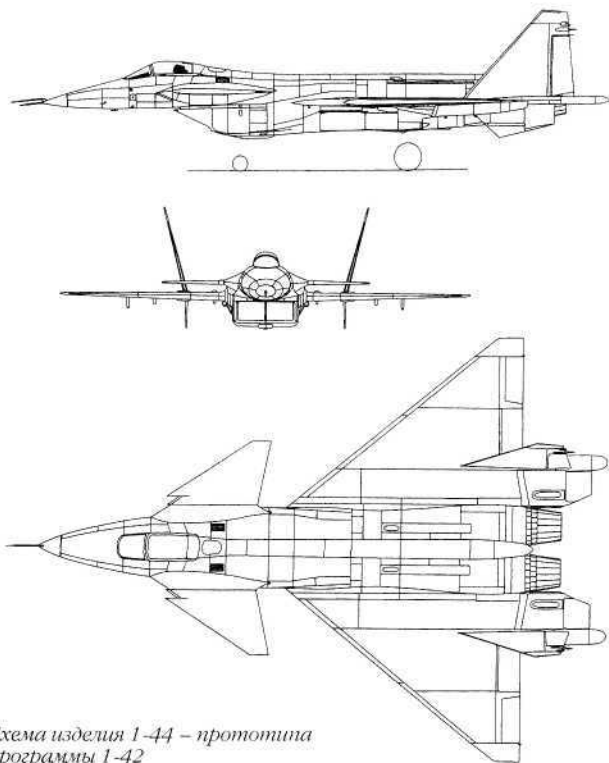
часть с обратной стреловидностью. Крыло оснащено флаперонами, занимающими более половины размаха, а также элеронами. На передней кромке крыла имеются и отклоняемые носки.

Цельноповоротное переднее горизонтальное оперение размахом около 7,5 м имеет трапециевидную форму. Заднее горизонтальное оперение относительно небольшой площади также выполнено цельноповоротным, с очень большим углом стреловидности по передней кромке.

Двухкилевое вертикальное оперение с рулями направления крепится к центропланной части крыла и имеет «развал» во внешнюю сторону, что также обеспечивает снижение радиолокационной заметности.

Опытный самолет оснащен двумя двигателями Д-30Ф6 тягой на форсаже по 15 500 кгс, применяемыми также на истребителях-перехватчиках МиГ-31. В дальнейшем эти ТРДДФ должны быть заменены двигателями 5-го поколения АЛ-41Ф тягой порядка 20 000 кгс. Эти новейшие двигатели, рассчитанные на сверхзвуковую крейсерскую скорость и работу в режиме сверхманевренности, имеют систему управления вектором тяги, уменьшенный расход топлива и более простую конструкцию с применением новейших технологий.

«Беркут» оснащен оптиколокационной станцией, размещенной в носовой части фюзеляжа, перед козырьком фонаря летчика. Как и на истребителях Су-33 и Су-35, обтекатель станции смещен вправо, чтобы не ограничивать обзор летчику. Наличие оптиколокаци-



*Схема изделия 1-44 – прототипа  
программы 1-42*

онной станции выгодно отличает российскую машину от американского аналога – F-22A.

Вооружение С-37 полностью скрыто в индивидуальных грузоотсеках. Это обеспечивает прекрасную аэродинамику и понижает радиолокационную за-

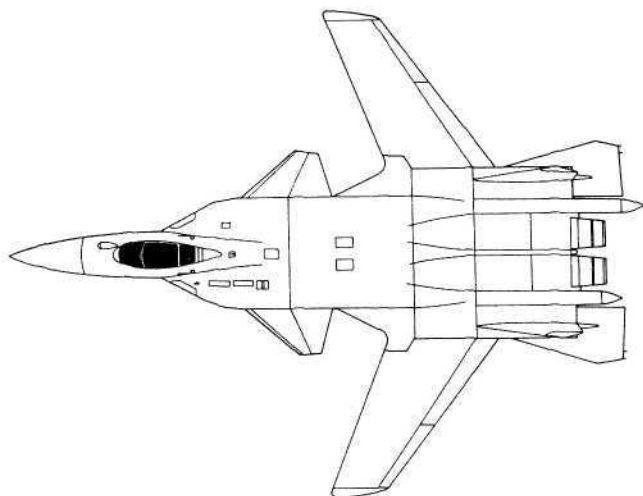
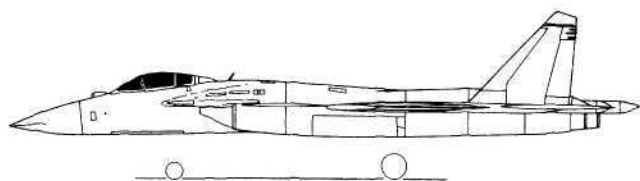


Схема истребителя С-37



метность самолета. Кроме различных управляемых ракет, предназначенных для поражения как воздушных, так и наземных целей, на самолете имеется пушка калибром 30 мм.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ F-22

Самолет выполнен по нормальной аэродинамической схеме с высокорасположенным трапециевидным в плане крылом и хвостовым оперением, включающим широко разнесенные и наклоненные наружу кили с рулями направления и цельноповоротные стабилизаторы, вплотную прилегающие к задней поверхности крыла.

Конструкция истребителя выполнена в соответствии с критериями технологии «стэлс». Малая радиолокационная заметность обеспечивается посредством малоотражающих форм планера, поверхности которого ориентированы в нескольких строго ограниченных направлениях, а также применением радиопоглощающих материалов. Минимальная ЭПР в курсовой плоскости составляет, по оценкам, приблизительно  $0,1 \text{ м}^2$ .

В конструкции планера широко использованы полимерные КМ, включая термопластичные (12%) и термореактивные (10%) углепластики. На серийном самолете долю КМ (по массе) планируется довести до 35%.

**Крыло** – кессонное, целиком выполнено из КМ. Механизация крыла включает отклоняемый носок по всему размаху и закрылки, занимающие больше



половины размаха. Стреловидность по передней кромке крыла  $42^\circ$ . Задняя кромка крыла на большей части имеет обратную стреловидность –  $17^\circ$ . По всему размаху крыла имеется отклоняемый носок. Практически всю заднюю кромку крыла занимают элероны и флапероны. Сопряжение поворотных и неподвижных поверхностей крыла имеет формы, обеспечивающие снижение радиолокационной заметности.

**Фюзеляж** имеет сравнительно большой объем, обеспечивающий размещение вооружения и топлива для длительного полета. Нижняя поверхность фюзеляжа выполнена плоской. В нижней части фюзеляжа расположен основной грузоотсек, еще два отсека для размещения ракет класса «воздух–воздух» малой дальности находятся по бокам фюзеляжа, непосредственно за воздухозаборником.

**Кабина летчика** имеет беспереплетный фонарь с радиопоглощающим покрытием и оборудована модифицированным катапультным креслом ACTS II (летчик снабжен усовершенствованным противоперегрузочным костюмом TLSS с системой дыхания под избыточным давлением). Остекление фонаря обеспечивает обзор вперед вниз на угол  $-15^\circ$ .

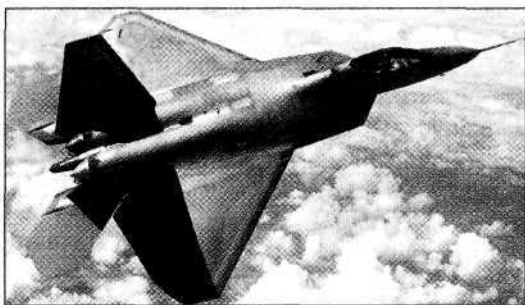
**Вертикальное оперение** – двухкилевое, кили наклонены во внешнюю сторону на угол  $28^\circ$  и снабжены рулями направления. Их стреловидность по передней кромке – прямая ( $+22,9^\circ$ ), по задней – обратная ( $-22,9^\circ$ ).

**Горизонтальное оперение** – цельноповоротное, углы стреловидности соответствуют углам стреловидности крыла.





**Шасси** – трехопорное, с носовым колесом, разработано фирмой «Менаско». Оно обеспечивает посадку с вертикальной скоростью 3,05 м/с. Все стойки – одноколесные. Основное шасси убирается в ниши, расположенные в боковой поверхности фюзеляжа, носовая стойка убирается в фюзеляж поворотом вперед. Створки отсеков шасси имеют пилообразные кромки, способствующие снижению радиолокационной заметности.



*«Рэптор» набирает высоту*

### **Силовая установка**

Два ТРДДФ «Пратт-Уитни» F-119PW-100 – дальнейшее развитие двигателей семейства F100. ТРДДФ первых серий имеют максимальную статическую тягу 13 900 кгс, в дальнейшем возможно ее увеличение до 15 900 кгс. Боковые подкрылььевые воздухозаборники двигателей – ромбовидного сечения, нерегулируемые, с S-образными каналами для экранирования компрессоров двигателей.



Плоские сопла двигателей имеют неподвижные боковые стенки и подвижные верхние и нижние панели, предназначенные для регулирования площади поперечного сечения сопла и отклонения вектора тяги по тангажу на угол от  $+20^\circ$  до  $-20^\circ$ .

Использование ВСУ G250 существенно повышает боеготовность самолета. Кроме того, обеспечивается возможность повторного запуска двигателя на высотах до 15 км при  $M=1$ . Конфигурация планера и воздухозаборников на 100% экранирует лопатки компрессора ТРДДФ.

Имеется АСУ фирмы «Эллайд сигнал».

### **Общесамолетные системы**

На самолете установлена цифровая ЭДСУ фирмы «Ли Астроник» с волоконнооптическими линиями данных. Боковая ручка управления для серийного самолета разрабатывается английской фирмой «GEC Эвионикс». Привода поверхностей управления – электрические, фирмы «Смитс».

Имеется система генерирования кислорода (OBOGS) фирмы «Нормалайр-Гаррет».

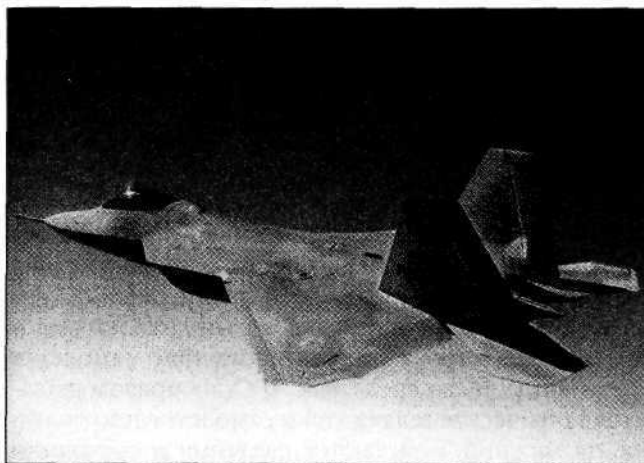
### **Целевое оборудование**

В состав интегрированного комплекса БРЭО, разрабатываемого под общим руководством фирмы TRW, входят центральная комплексная система обработки данных, комплексная система связи, навигации и опознавания ICNIA и боевой электронный комплекс, включающий систему РЭБ «Сандерс»/«Дженерал Электрик» AN/ALR-94; БРЛС с высокой разрешающей способностью «Вестингауз»/«Тексас Инструментс» AN/APG-77 и



систему оптоэлектронных датчиков EOSS. Две НИС «Литтон» LN-100F с лазерными гироскопами.

БРЛС AN/APG-77 имеет фазированную активную антенную решетку диаметром около 1 м, состоящую приблизительно из 2000 твердотельных приемопередающих модулей (длина каждого модуля – 70 мм, высота – несколько мм), в которых используется техника монолитных интегральных схем СВЧ диапазона. В целях снижения заметности предусмотрены пассивные режимы работы РЛС, обеспечена малая вероятность перехвата сигналов при активных режимах работы РЛС. Максимальная дальность обнаружения крупных воздушных целей – 270–300 км, целей класса «крылатая ракета» – 150 км, наземные



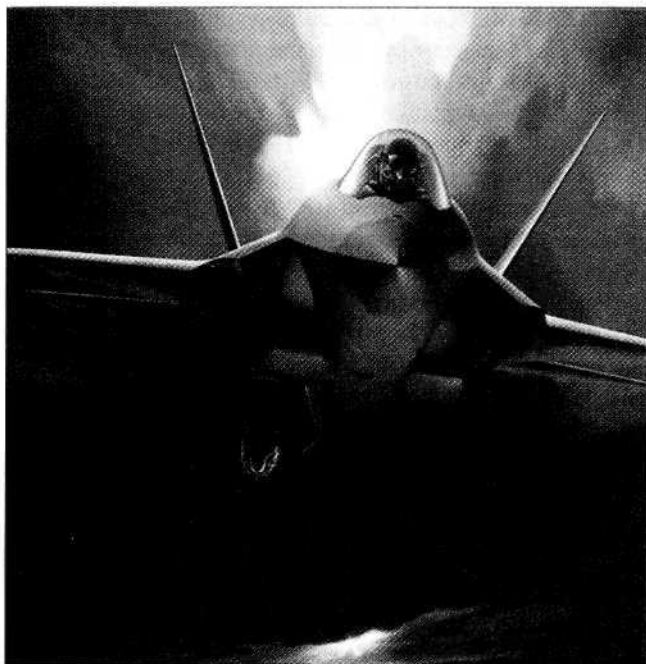
*«Рэптор» в полете*



подвижные цели могут быть обнаружены на удалении до 70 км. Сектор обзора по азимуту и углу места  $\pm 60^\circ$ , в ближнем воздушном бою она уменьшается до  $\pm 30^\circ$ , при этом летчик может изменять угол обзора по вертикали в пределах  $10-60^\circ$ . В случае попадания цели в зону обзора на дальности менее 18 км станция осуществляет ее автоматический захват и сопровождение. Количество одновременно сопровождаемых целей не превышает 20. Ориентировочная стоимость одной БРЛС – 3 млн долл.

БРЛС истребителя обладает способностью обнаруживать и сопровождать такие малозаметные цели, как французская крылатая ракета «Апаш».

Кабина летчика оборудована широкоугольным ИЛС с полем обзора  $20^\circ \times 30^\circ$ , на который выводится полетная, навигационная, прицельная информация, а также информация от объединенной системы опознавания, связи и РЭП. В центре приборной доски расположен основной многофункциональный жидкокристаллический цветной дисплей с размером экрана  $203 \times 203$  мм, на который выводится синтезированная информация о тактической обстановке. По бокам его, а также снизу расположены три многофункциональных цветных индикатора на жидких кристаллах с размером экранов  $155 \times 155$  мм (в типовой конфигурации на левый дисплей выводится детализированная информация о самолетах противника и его средствах ПВО, на правом решается тактическая задача атаки самолетов противника, на нижний – выдаются сведения о состоянии бортового вооружения). В верхней части прибор-



*Применение оружия F-22 (рисунок)*

ной доски находятся два жидкокристаллических индикатора 75×102 мм, на которые выводится навигационная информация и связанная информация. Обычные электромеханические приборы в кабине отсутствуют.

Самолет F-22 оснащен терминалом системы автоматизированного распределения информации



JTIDS с линией связи «Линк» 16, в перспективе самолет может быть оборудован помехозащищенной системой обмена данными LPI IFDL (Intra Flight Data Link), обеспечивающей связь с воздушными КП на большом расстоянии.

### **Вооружение**

Самолет имеет встроенную пушку M61A2 (длинноствольный вариант пушки M61A1 калибром 20 мм) с боекомплектом 480 снарядов, установленную в правой корневой части крыла. В нерабочем положении артиллерийский порт закрывается специальной крышкой. В центральном грузоотсеке на АКУ может размещаться четыре ракеты класса «воздух–воздух» средней дальности с радиолокационным активным самонаведением AIM-120A AMRAAM или шесть ракет AIM-120C с меньшим размахом оперения (первую ракету этого типа планировалось создать к середине 1997 г.). В дальнейшем перспективные модификации AMRAAM предполагается снабдить новой головкой самонаведения, работающей в радиолокационном (миллиметровом) и ИК диапазонах. Альтернативный вариант вооружения для ведения воздушного боя – четыре УР AIM-9X в боковых отсеках и шесть ракет того же типа – в центральном грузоотсеке.

На четырех подкрыльевых узлах подвески с укороченными пилонами могут размещаться два ПТБ (на корневых узлах, аналогичные ПТБ самолета F-15) и четыре (на двух спаренных ПУ) ракеты AIM-120A. В дальнейшем на подкрыльевых узлах предполагается подвешивать четыре ПТБ и восемь

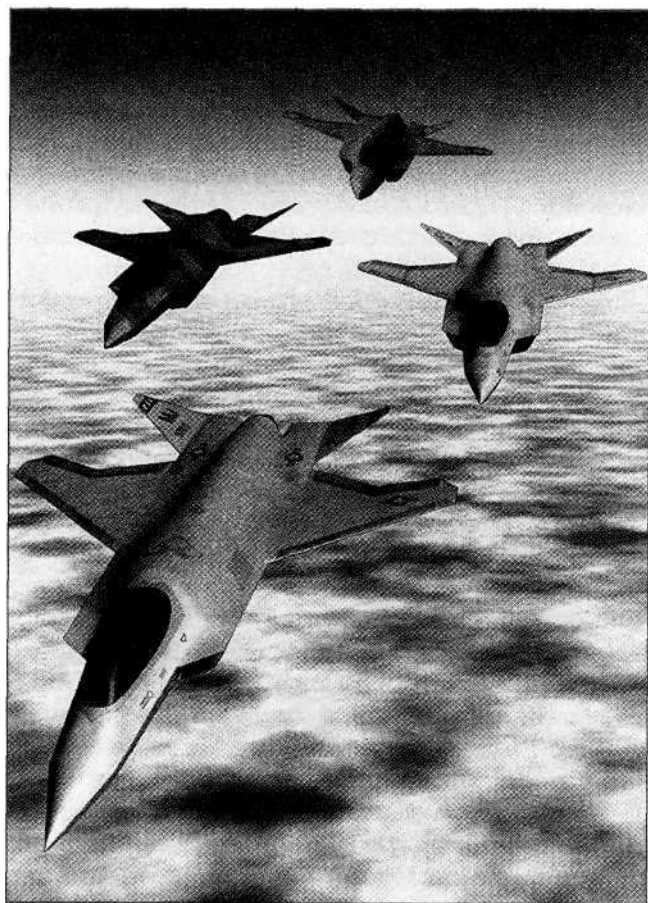


УР AIM-120C (на каждом пилоне – ПТБ и две ракеты). Нагрузка на внешних узлах подвески может достигать 2270 кг.

Первоначальное ударное вооружение самолета будет ограничено КАБ с инерциально-спутниковым наведением JDAM-1000 (450 кг) с осколочно-фугасной БЧС. Суммарный боекомплект на внутренних узлах подвески составит две КАБ, две УР AIM-120C и две AIM-9M.

В дальнейшем самолет F-22 будет нести ряд перспективных систем ударного вооружения, в частности:

- КАБ типа JDAM GBU-32 (450 кг) с осколочно-фугасной боевой частью (БЧ), имеющую КВО порядка 10 м. В дальнейшем предполагается повысить точность наведения этого боеприпаса до 3 м. Самолет F-22 должен нести в центральном грузоотсеке две бомбы GBU-32 и две ракеты класса «воздух–воздух» AIM-1200C AMRAAM;
- свободно падающую авиабомбу JAST-1000 с проникающей БЧ BLU-109, предназначенной для поражения особо прочных целей. В перспективе предполагается создать корректируемый вариант этого боеприпаса, имеющий блок спутниковой навигации GPS, а также ИК лазерную или микроволновую радиолокационную системы конечного самонаведения (самолет должен нести две авиабомбы JAST-1000 в сочетании с двумя ракетами AMRAAM);
- разовую бомбовую кассету с коррекцией ветрового сноса WCMD (Wind Correction Munitions Dis-



*Первоначальные варианты JSF для ВВС США, ВМС США, Корпуса морской пехоты США и британского флота*





penser), сбрасываемую с больших высот и способную с относительно высокой точностью доставлять в район целей суббоеприпасы различного типа (в частности, сверхтонкие волокна из углерода, предназначенные для вывода из строя линий электропередачи, РЛС и т. п.). Вооружение самолета – две РБК WCMD и две УР AMRAAM;

- высокоскоростную противорадиолокационную ракету HARM Block 7 с диаметром корпуса, уменьшенным до 203 мм (F-22 должен нести в центральном грузоотсеке две ракеты HARM и две AMRAAM).

### **Размеры**

Размах крыла 13,56 м; длина самолета 18,92 м; высота 5,00 м; площадь крыла 78,00 м<sup>2</sup>.

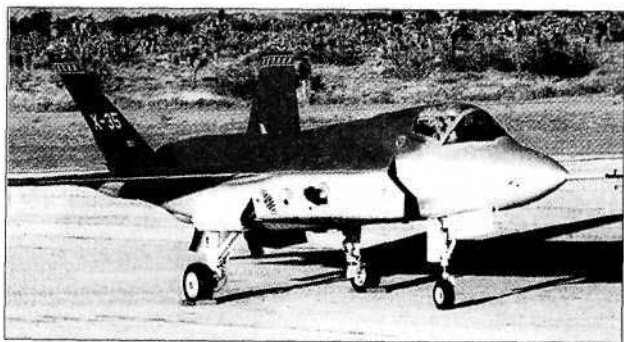
### **Массы и нагрузки**

Нормальная взлетная масса (с вооружением только на внутренних узлах подвески) 27 216 кг.

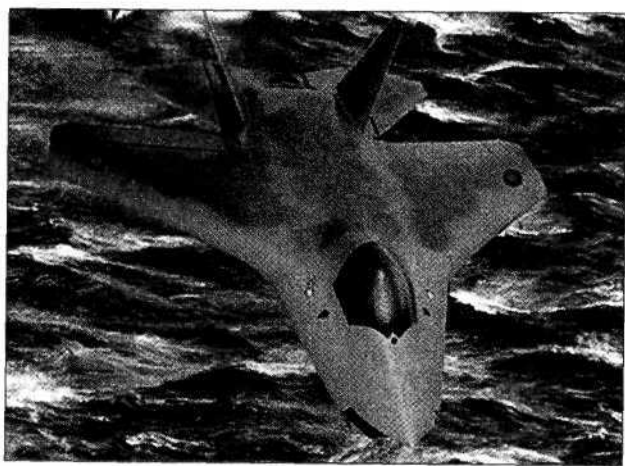
### **Летные характеристики**

Максимальная скорость 1950 км/ч; максимальная скорость у земли 1480 км/ч; крейсерская скорость на большой высоте соответствует  $M = 1,6$ ; практический потолок 18 000 м; боевой радиус действия 1300–1500 км; перегоночная дальность (с четырьмя ПТБ) 5500 км; максимальная эксплуатационная перегрузка +8,5–9,0.





Программа перспективного  
единого ударного  
истребителя JSF

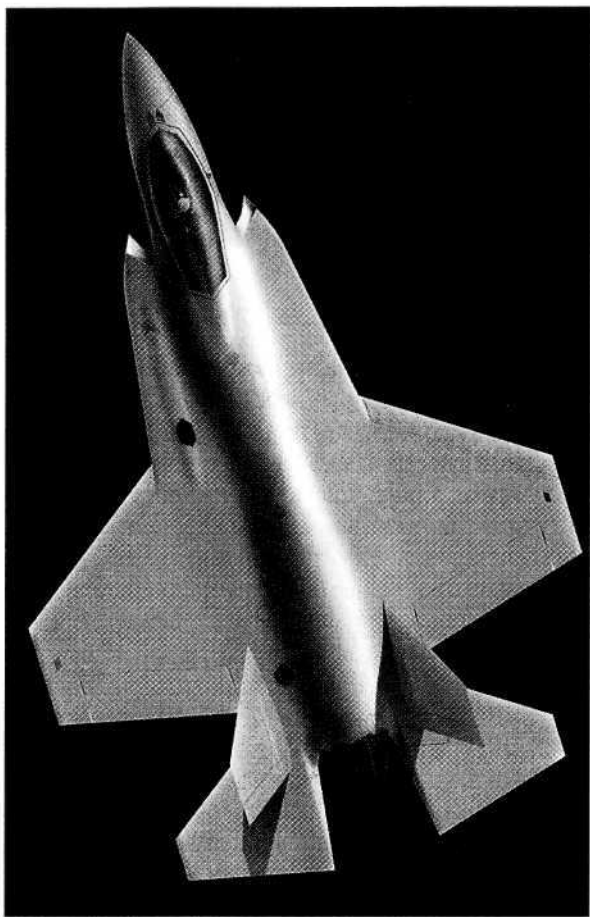


## ПРОГРАММА ПЕРСПЕКТИВНОГО ЕДИНОГО УДАРНОГО ИСТРЕБИТЕЛЯ JSF

История концепции самолета JSF восходит к началу 1960-х г., когда британская фирма «Хоукер Сиддли» начала программу испытаний своего СВВП Р.1127. Несмотря на недостатки, такие, как неустойчивость на режиме висения и шумность, Р.1127 доказал жизнеспособность концепции СВВП с поворотными соплами, обеспечивающими подъемную вертикальную тягу. Впоследствии в Англии на основе Р.1127 был создан весьма успешный боевой СВВП – штурмовик «Харриер».

Невзирая на очевидные тактические преимущества СВВП, сразу оцененные военными, британское МО в то время осталось недовольно характеристиками «Харриера».

Программа английского сверхзвукового СВВП была аннулирована в 1965 г., но тем не менее идея сверхзвукового боевого самолета ВВП с расширенными тактическими воз-



Самолет «Локхид-Мартин» JSE. Вид сверху



возможностями, получившего наименование ASTOVL, продолжала жить, причем по обе стороны Атлантики. В 1979 г. самолет «Харриер» был основательно доработан фирмой ВАе совместно с американской компанией «Макдоннелл Дуглас», в результате чего его боевые возможности были весьма расширены. Самолет получил индекс AV-8В. Спустя короткое время, в 1982 г., тактические возможности самолета укороченного и вертикального взлета и посадки (СУВВП) были блестяще продемонстрированы в ходе англо-аргентинской войны, в которой Англия широко применяла ударные самолеты «Харриер» GR.3 и истребители «Си Харриер» FRS.1.

К середине 80-х гг. в «Клуб операторов СУВВП» вступили Испания, Индия и Италия, позже к ним присоединился Таиланд. Эти страны в настоящее время составляют значительный рынок для СУВВП нового поколения на замену тех машин, которые они имеют на вооружении. Результатом формирования данного рынка явились инициативные исследования по программе ASTOVL, проводимые в Центре им. Эймса при NASA, а также в Британском летно-исследовательском центре (в настоящее время – DERA) и в ряде других британских авиационно-исследовательских организаций. В результате этой совместной активности в 1983 г. в Фарнборо была основана официальная программа ASTOVL, целью которой была разработка однодвигательного СУВВП нового поколения на замену «Харриеру» в 2000 г. и далее. В январе 1986 г. в США был подписан меморандум о взаимопо-



нимании, в рамках которого в разработке были приняты четыре базовые конфигурации самолета ASTOVL.

К 1988 г. британское МО распорядилось компетентным организациям выбрать наиболее перспективную концепцию самолета ASTOVL и приступить к НИОКР по СУБВП нового поколения, чтобы ориентировочно к 1995 г. получить этот аппарат на вооружение. Британские ВМС отказались от заказов ASTOVL, но программа получила массированную поддержку в США после того, как руководство КМП обнародовало решение о замене, в перспективе, самолетами типа ASTOVL не только устаревающих СВВП AV-8B, но и самолетов F/A-18. Этот ход не только добавил программе популярности и поддержки, но и помог сформулировать первоначальные требования к самолету, создаваемому по программе JSF.

После многократных консультаций британской и американской групп разработчиков был сделан вывод о том, что ни одна из предлагаемых технологий создания вертикальной тяги не является жизненной, особенно в условиях постоянно сокращавшегося военного бюджета. К концу 1988 г. проект уже балансировал на краю пропасти. Из тупика программу ASTOVL вывела инициатива американского агентства исследования перспективных разработок DARPA, которое предложило ВМС и КМП США подготовить т. н. «Документ о желательных боевых возможностях» нового самолета. Этот документ резко сместил акценты в программе СУБВП нового поколения от выполнения традиционных для боевого



*Макет кабины самолета X-35*

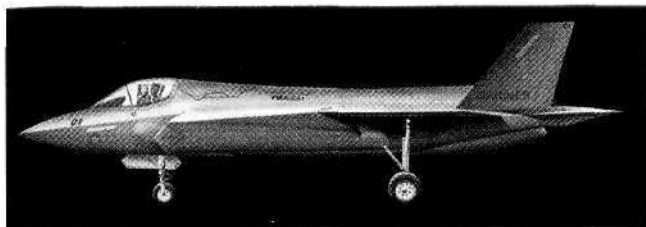
самолета заданий любой ценой в сторону ограничения стоимости НИОКР, производства и эксплуатации новой машины. Именно этот принцип впоследствии стал краеугольным камнем в программе JSF. В документе также значилось, что новая машина не должна занимать на палубе места больше, чем самолет F/A-18, и что на ней должны были использоваться перспективные ТРДДФ YF-19 или YF-120, созданные для новейшего истребителя ATF. Кстати, именно использование этих мощнейших двигателей нового поколения, дававших самолету прекрасную энергетику, и определило концепцию СУБВП JSF.



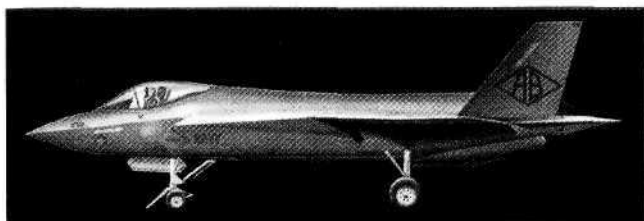
При использовании с палубы в режиме укороченного взлета и вертикальной посадки новый самолет представлял бы серьезную опасность для палубного персонала из-за мощных вертикальных реактивных струй. Чтобы хотя бы частично избежать этого, фирма «Локхид-Мартин» предложила впоследствии заменить подъемную камеру сгорания вентилятором, создающим на взлете холодную подъемную реактивную струю. Растекаясь по палубе, холодный воздух от вентилятора создавал бы барьер, ограничивающий распространение раскаленных газов из подъемно-маршевого сопла. Рассматривался механический и газовый привод вентилятора. Автором этой идеи был инженер Пол Бевилаква, работавший на заводе «Сканк Уоркс».

Применение подъемного вентилятора сулило еще одно несомненное инженерное преимущество, а именно – возможность создания на базе одного и того же планера и СУВВП, и «нормального» самолета с горизонтальным взлетом и посадкой. При демонтаже канала вентилятора и его привода освободившийся объем можно было заполнить топливом или дополнительным БРЭО. В результате получался самолет в измерениях истребителя F-16 с увеличенной дальностью полета. В марте 1993 г. программа ASTOVL была переименована в CALF (легкий истребитель общего применения). С фирмами «Локхид-Мартин» и «Макдоннелл Дутлас» были заключены контракты на разработку СУВВП и обычного истребителя на базе единого планера. Фирма-победитель должна была по-





*Самолет «Локхид-Мартин» JSF. Вариант для BBC. Вид сбоку*



*Самолет «Локхид-Мартин» JSF. Вариант для ВМС. Вид сбоку*

строить прототип истребителя с обычным взлетом и посадкой X-32А для BBC США и прототип СУВВП X-32В для ВМС, КМП США и британских ВМС. Уже тогда фирма «Локхид-Мартин» построила свой самолет вокруг идеи подъемного вентилятора «Макдоннелл-Дуглас» же предпочла для своего СУВВП более отработанную схему с поворотными соплами.

В апреле 1993 г. МО определило для себя две приоритетные программы создания новых боевых самолетов поколения «5+» – JAF (Joint Attack Fighter – единый штурмовик-истребитель) и JSSF (Joint Stealth



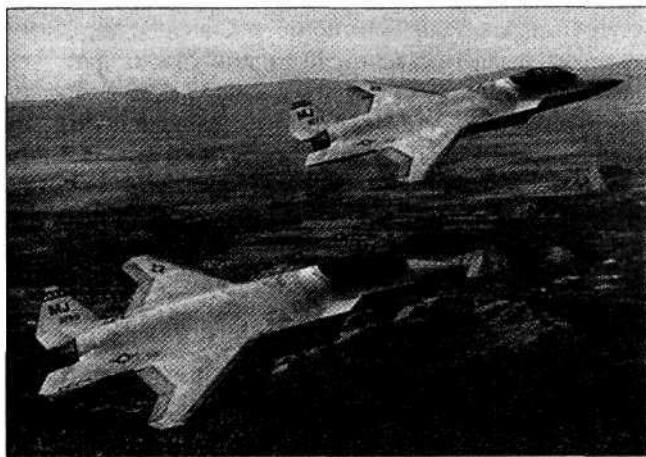
*Вертикальный взлет самолета JSF Корнуса морской пехоты США (рисунок)*

Strike Fighter – единый малозаметный ударный истребитель). Однако интерес ВВС и ВМС США к программе CALF сильно возрос после того, как в 1993 г. были аннулированы программы замены для истребителей F-16 (MRF), F/A-18 и штурмовика A-6 (A/F-X). Вместо этих двух программ МО США выступило с идеей «Единой усовершенствованной ударной технологии» (JAST). Эта технология не увязывалась с конкретным типом разрабатываемого самолета, она подразумевала создание дешевой и малорискованной в техническом отношении замены для самолетов F-14 «Томкэт», F-15E «Страйк Игл», F-16, F-111 и F-117.

Программа JAST подразумевала лишь две фирмы-финалиста, каждая из которых должна будет построить по два прототипа нового «единого» истре-



бителя, с их помощью продемонстрировав возможности обычного взлета и посадки, операций с авианосца и укороченный взлет с вертикальной посадкой. Прототипы одного финалиста теперь должны были получить обозначение X-32A/B, а другого – X-35A/B. В 1996 г. программа получила свое современное наименование «Единый ударный истребитель» (JSF), а в финал конкурса вышли формы «Боинг» и «Локхид-Мартин». Третий претендент, «Макдоннелл-Дуглас» вскоре после отсева начал переговоры об объединении с «Боингом». «Боинг» непосредственно после заключения контракта начал работы над самолетом X-32, а «Локхид-Мартин», теперь вступивший в альянс с «Нортроп-Грумман» и ВАе, – над X-35.



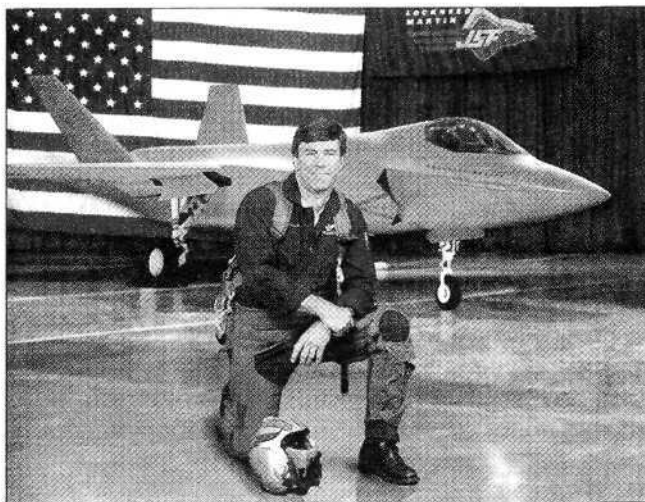
Самолеты JSF ВВС США



Третий соискатель – фирма «Макдоннелл-Дуглас» – участвовал в работах по программе JAST в сотрудничестве с фирмой «Нортроп-Грумман» и британской фирмой BAe. В начале 1995 г. она отказалась от первоначальной концепции, предполагавшей использование подъемно-маршевого ТРДДФ «Дженерал Электрик» YF-120 с подъемным вентилятором, размещенным в носовой части фюзеляжа и имеющим газовый привод от двигателя, сосредоточив усилия на схеме с дополнительным подъемным двигателем. Одновременно двигатель YF-120 был заменен на ТРДДФ «Пратт-Уитни» F-119.

Проект самолета «Макдоннелл-Дуглас» JSF был выполнен по нормальной аэродинамической схеме. Первоначально он должен был иметь вертикальное оперение, а модификацию истребителя с коротким взлетом и вертикальной посадкой предполагалось снабдить также ПГО. Однако в начале 1996 г. аэродинамическую компоновку радикально пересмотрели. была выбрана схема без вертикального оперения и с горизонтальным оперением, имеющим небольшое  $V$  (порядка  $25^\circ$ , что близко к компоновке опытного самолета «Нортроп» YF-23). Такое решение, по утверждению представителей фирмы, должно было обеспечить увеличение дальности полета приблизительно на 3%, несколько повысить маневренность и управляемость, а также существенно снизить ЭПР.

К особенностям аэродинамической компоновки истребителя «Макдоннелл-Дуглас» JSF относилась также форма крыла, в плане напоминающая крыло



*Презентация самолета JSF фирмы «Локхид-Мартин»*

бомбардировщика «Нортроп-Грумман» В-2А. Консоли крыла в вариантах для ВМС и КМП США, а также ВМС Великобритании предполагалось выполнить складными. На верхней поверхности воздухозаборников, переходящих в корневые наплывы, расположили выдвижные вихреобразующие щитки, служащие для увеличения подъемной силы на больших углах атаки. Основной грузоотсек предполагалось разместить в центральной части фюзеляжа. Он был рассчитан на две бомбы калибром по 900 кг (только в варианте для ВМС США) или 450 кг. По бокам от него находились два меньших грузоотсека, каждый из



которых вмещал одну УР AIM-120C или одну бомбу массой 450 кг.

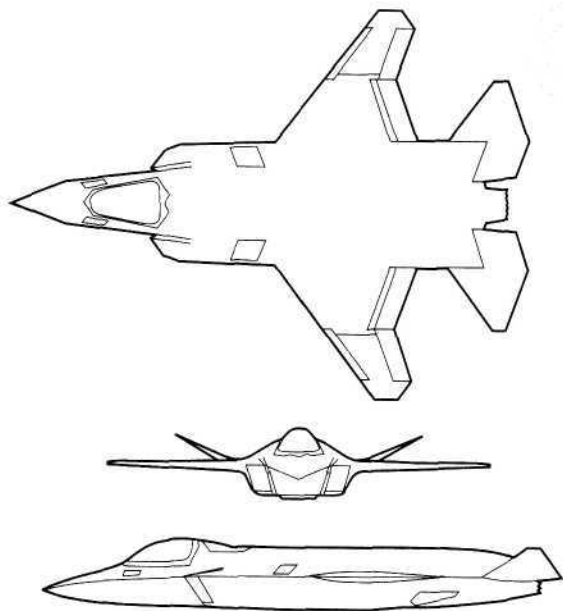
Силовая установка варианта самолета «Макдоннелл-Дуглас» JSF для КМП и ВМС Великобритании включала подъемно-маршевый двигатель F-119 (SE615; с отдельными соплами для маршевого полета и взлетно-посадочного режима) и подъемный ТРДД «Дженерал Электрик»/«Аллисон»/«Роллс-Ройс» – GEA-FXL.

Двигатель имел вентилятор от ТРДДФ F101, компрессор, созданный в ходе опытной программы фирмы «Аллисон» ATEGG, а также корпус и турбину низкого давления на основе компонентов ТРДД «Роллс-Ройс» RB211. Удельная тяговооруженность двигателя должна была превысить 10.

ТРДД GEA-FXL конструкторы разместили в отсеке непосредственно за кабиной летчика (на вариантах самолета с горизонтальным взлетом и посадкой этот объем предполагалось использовать для дополнительного топливного бака). Сопловый аппарат двигателя был оснащен подвижной решеткой, обеспечившей управление вектором тяги в продольном направлении.

Это позволяло самолету совершать горизонтальный полет со скоростью до 310 км/ч при отказе основного двигателя.

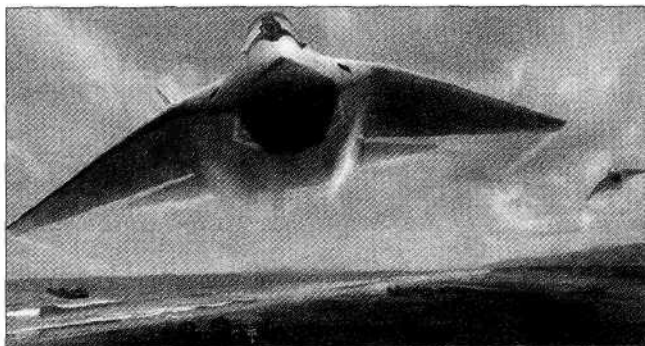
Решение установить на истребителе «Макдоннелл-Дуглас» JSF подъемный двигатель, по утверждению представителей фирмы, было продиктовано в первую очередь меньшим техническим риском и умеренной стоимостью разработки подобной сило-



*Схема самолета JSF для Корпуса морской пехоты США*

вой установки. При этом был учтен опыт создания СВВП Як-38 и Як-141.

Для обеспечения вертикальной тяги подъемно-маршевый двигатель F-119 планировалось снабдить устройством, направляющим воздушный поток в специальные поворотные сопла по бокам фюзеляжа, которые могут отклонять поток газов назад, что обеспечивало переход к горизонтальному полету.



*Вариант JSF, предложенный фирмой «Боинг»*

Осесимметричное отклоняемое сопло ТРДДФ F-119 на самолетах с горизонтальным взлетом и посадкой должно было осуществлять управление по каналам тангажа и рыскания.

Размах крыла самолета должен был составлять 11,58 м (в варианте для ВВС, ВМС США и Великобритании) и 12,54 м (в варианте для КМП США), а длина всех модификаций – 15,75 м.

Крайне амбициозная попытка создания столь универсального самолета, трудно объяснимая лишь техническими и экономическими соображениями, может быть оправдана ситуацией, в которой оказались вооруженные силы США в первой половине 1990-х гг., когда после распада СССР финансирование оборонных программ упало, а конгрессменов стало все труднее убеждать в необходимости выделения средств на новые разработки при отсутствии





серьезного «потенциального противника». В этих условиях шансы на успех имели лишь наиболее «универсальные» проекты. А программа JSF – «три самолета в одном» – хорошо вписывалась в новые экономические и политические реалии. По оценкам специалистов МО США, стоимость НИОКР по созданию единого одноместного однодвигательного самолета должна была составить 15–17 млрд долл., тогда как разработка трех разных самолетов обошлась бы в сумму не менее 33 млрд.

В свою очередь, этот принцип диктовал свои условия, в частности унификацию процедур наземного и ремонтного обслуживания, а также обязательную интернационализацию проекта, так как поставленные задачи были весьма сложны и требовали, с одной стороны, международного «мозгового штурма» с использованием самых последних технологических наработок, а с другой – гарантированной доли участия иностранного капитала для снижения итоговых затрат на НИОКР и соответственно общей стоимости самолета.

Перри и Камински пришли к выводу, что раздельное финансирование множества программ разнотипных боевых самолетов, создаваемых в соответствии с лозунгом «Быстрее и выше», абсолютно без учета их совокупной стоимости, не имеет будущего. Это особенно актуально, учитывая тенденцию к постоянному сокращению военного бюджета после окончания «холодной войны» в сочетании с экспоненциальным ростом стоимости программ новой боевой техники.



*Вариант JSF фирмы «Локхид-Мартин» для ВМС Великобритании*

Последнее утверждение было прекрасно проиллюстрировано бывшим главой фирмы «Локхид-Мартин» Норманом Огастином, который подсчитал, что начиная с времени возникновения класса самолетов-истребителей стоимость разработки нового самолета за каждое десятилетие вырастала вчетверо. При сохранении этой тенденции, к 2054 г. на весь военный бюджет такой страны, как США, можно будет заказать разработку единственного типа боевого самолета. Причем этот «бриллиантовый» самолет должен будет три с половиной дня в неделю эксплуатироваться ВВС, вторую половину недели – флотом, а в особо успешные годы один день в неделю будет отдан авиации КМП.

В связи с этим было принято беспрецедентное решение о том, чтобы с самого начала проектиро-



вать новый боевой самолет, с минимальными изменениями в конструкции, удовлетворяющий требованиям ВВС (обычный горизонтальный взлет и посадка), ВМС (катапультный взлет и посадка с использованием аэрофинишера), морской пехоты (вертикальный или укороченный взлет и вертикальная посадка), а также пригодный по экономическим параметрам для поставок на экспорт. Низкая стоимость в проекте такого самолета ставилась во главу угла, даже в ущерб чисто боевым параметрам. Особое внимание должно было уделяться снижению стоимости обслуживания, профилактики и ремонтов, так как более 65% стоимости жизненного цикла современного самолета приходится именно на эти статьи расходов.

Результатом сформулированных требований стали два контракта на разработку самолетов – демонстраторов концепции JSF, заключенных в ноябре 1996 г. с фирмами «Локхид-Мартин» и «Боинг». Основными пунктами этих контрактов были:

- разработать и провести летные испытания двух опытных самолетов (от каждой фирмы) – демонстраторов технологии;
- продемонстрировать возможности новой технологии, позволяющие уменьшить стоимость самолета как системы вооружения и одновременно повысить его эффективность;
- снизить до минимально возможного порога технический риск программы еще до начала стадии НИОКР;



- спроектировать и довести до совершенства концепцию системы оптимизированного вооружения для истребителя, приемлемую для ВВС, ВМС, КМП США, а также для ВВС и ВМС Великобритании.

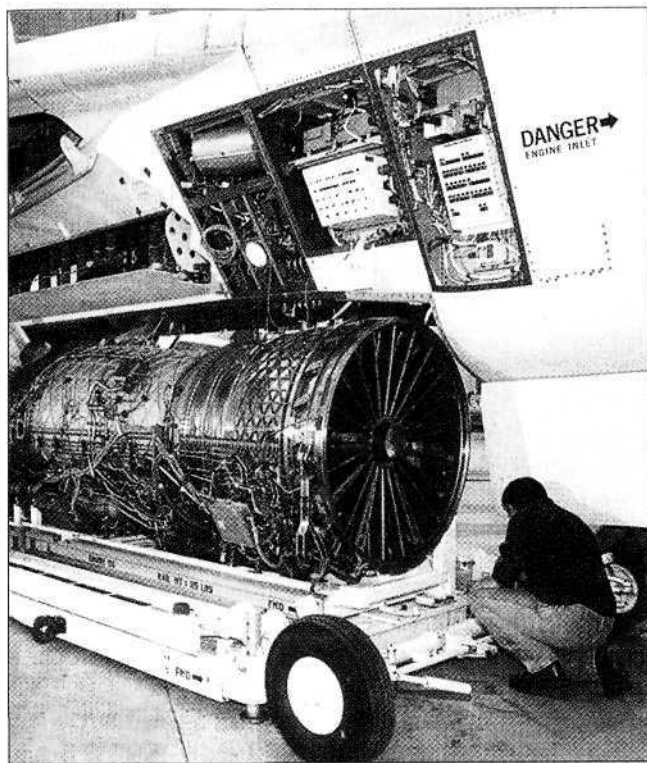
Параллельно, также с целью минимизировать технический риск при проведении НИОКР, фирме «Пратт-Уитни» было поручено разработать двигательную установку для нового самолета на основе предназначенного для истребителя «Локхид-Мартин» F-22A «Рэптор» ТРДДФ F-119. Кроме подтверждения характеристик надежности, ремонтпригодности и устойчивости к повреждениям силовая установка должна была быть взаимозаменяема с альтернативным двигателем «Дженерал Электрик» F-120.

Перед военными встала очень серьезная проблема: создать тактико-технические требования для самолета, который будет использоваться не только всеми тремя родами боевой авиации США, но и ВВС и ВМС Англии, при условии, что стоимость программы определялась впервые в американской практике как «независимая переменная».

В результате было решено не определять требования окончательно в течение первой, концептуально-демонстрационной фазы проекта, которая должна была продлиться пять лет, в ходе которой значения требуемых характеристик должны были уточняться посредством моделирования и внедрения новых технологий. В результате на первом этапе программы, еще до формулирования оперативных

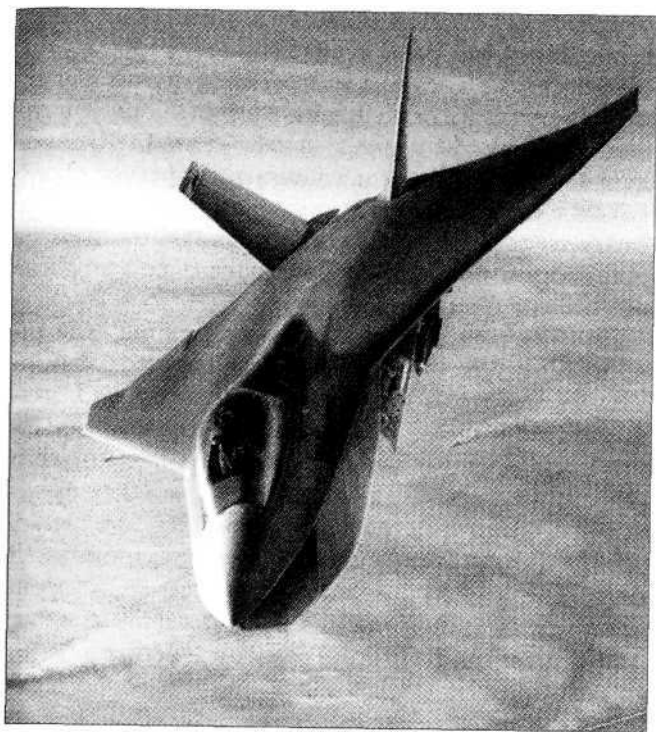


требований, было истрачено 3 млрд долл., после чего в 1995 г. были сформулированы объединенные промежуточные требования, в которых значились характеристики скорости, геометрических разме-



*Двигатели самолета X-32А на транспортной тележке*





*Рисунок самолета JSF по версии фирмы «Боинг» в ранней бесхвостовой конфигурации*

вых самолетов и их стоимость. Планировалось разработать единую схему обслуживания для всех трех вариантов истребителя, пользуясь которой самолеты могли бы действовать с любой авиабазы в любой точке мира, где имелся бы стандартный набор инст-



рументов для обслуживания, созданный по компьютерной системе «Плаг энд плэй».

Некоторые системы и агрегаты рассчитаны на межремонтный срок службы, заведомо превышающий срок службы планера: в частности, БРЛС самолета имеет стендовый межремонтный ресурс около 26 000 ч, в то время как планер рассчитан на 8000 ч. Это, в теории, позволит установить РЛС на самолет при сборке и вообще не обслуживать ее в течение всего жизненного цикла.

В 1998 г. была издана третья редакция объединенных требований. В них имелись конкретизированные моменты, касающиеся состава БРЭО, датчиков и кабинного оборудования самолета. Оговаривались состав систем связи, обмена данных и навигации, включая цифровую карту, а также архитектура, возможности и производительность БЦВМ.

Для летных испытаний систем электронных и оптоэлектронных датчиков, включая РЛС с электронным сканированием, подрядчик фирмы «Локхид-Мартин» – «Нортроп-Грумман» – использует ЛЛ на базе британского самолета ВАС 111, а подрядчик «Боинга», фирма «Рэйтеон», – ЛЛ на базе «Боинга-727-200». Эти меры, как и многие другие, способствуют снижению технического риска программы в целом, а также ее стоимости.

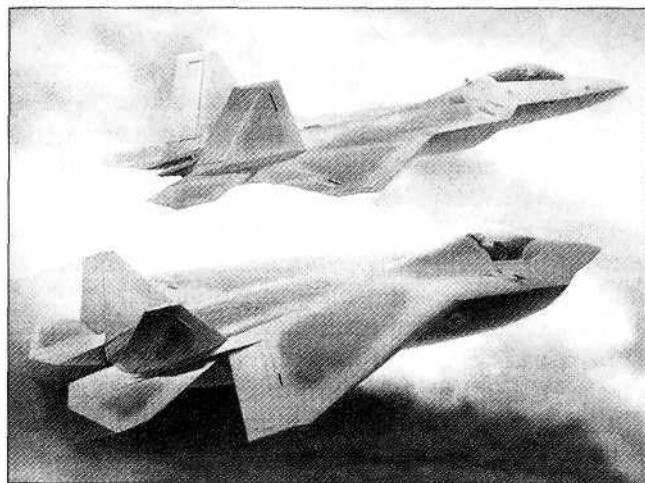
Согласно отчету американского Оценочного управления, многие новейшие технологии, которые планируется применить в программе самолета JSF, еще весьма далеки от совершенства, необходимого





для достижения приемлемого уровня технического риска. В связи с этим фактом оба участника конкурса пришли к выводу о том, что начало серийного выпуска самолетов следует отложить до того момента, когда все критичные технологии будут отработаны. Для оценки уровня отработки технологий использовалась шкала, принятая в NASA. Предварительно было признано необходимым интегрировать все новые технологические решения и отработать их в полете на ЛЛ «в среде, приближенной к реальному JSF».

Уже после выпуска третьей редакции объединенных требований было принято решение об изменении



*Самолеты JSF фирм «Локхид-Мартин» и «Боинг». Можно оценить различное отношение разработчиков к концепции самолета последнего поколения*



ях в графике программы самолетов – демонстраторов технологии, вызванное большими сложностями финансового и концептуального характера, возникшими у обоих участников конкурса. Согласно отчету Оценочного управления США, обе фирмы-участницы оказались «несостоятельны в определении стратегических целей разработки», а кроме того, фирма «Локхид-Мартин» допустила перерасход 147 млн долл. (при стоимости контракта 800 млн долл.) из-за неправильного определения отпускных цен на комплектующие. У «Боинга» же трудности оказались еще более серьезными: выяснилось, что их ЛА в своей бесхвостой конфигурации не удовлетворяет требованиям ВМС США по заходу на посадку на авианосец. Начиная с проектной итерации 372.4 самолет JSF фирмы «Боинг» был перепроектирован с добавлением горизонтального оперения. Крыло вместо треугольного сделали стреловидным, а воздухозаборник получил положительную стреловидность передней кромки вместо отрицательной. В связи с этим критики концепции самолета – демонстратора фирмы «Боинг» получили прекрасный козырь: этот ЛА сохранил прежнюю бесхвостую конфигурацию.

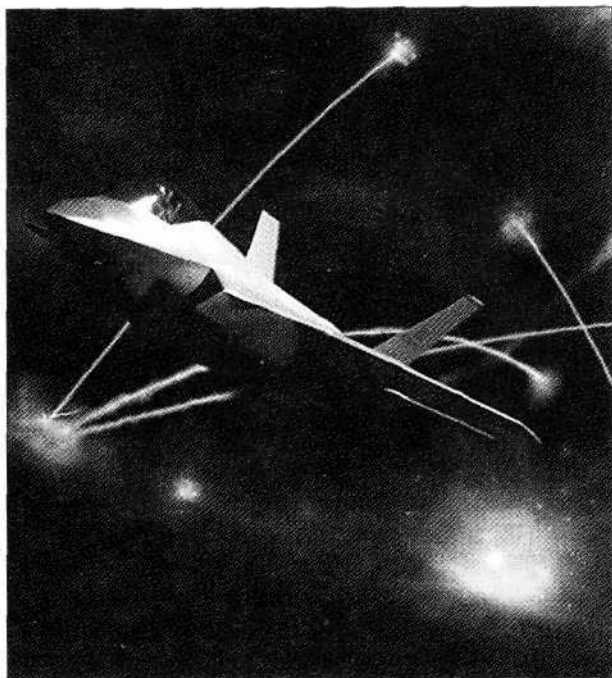
После обработки предварительных результатов программы, законченной в сентябре 1999 г., комиссия МО США по выработке единых требований опубликовала окончательный вариант ТТТ по программе JSF в марте 2000 г.

Получив окончательный вариант ТТТ, обе фирмы – участницы проекта смогли наконец сформулировать в полной мере свои подходы к созданию



*JSF фирмы «Локхид-Мартин» для ВВС США*

своих самолетов как систем оружия и приступить к реализации следующей фазы работ – созданию и испытанию своих прототипов самолета-демонстратора технологии JSF. Исследовательские работы были временно заморожены в целях экономии средств, с тем чтобы победитель конкурса продолжил их уже в одиночку. Основной же проблемой выбора победителя конкурса с «призовым фондом» в 200–400 млрд долл. и фронтом работ, обеспеченным на 30–40 лет вперед, является недопущение развала той промышленной базы, существование которой сделало возможным само проведение уни-



*JSF фирмы «Локхид-Мартин» (рисунок)*

кального конкурса на создание единого боевого самолета. Необходимо было выбрать «утешительный приз» для проигравшей фирмы, достаточный для того, чтобы поддержать ее на плаву, и при этом не допустить роста стоимости программы JSF.

Окончательный выбор победителя конкурса первоначально должен был состояться во второй поло-



вине 2001 г. К моменту написания данной книги стало известно, что срок выбора был перенесен на март 2002 г. Это будет знаменовать собой начало нового, 126-месячного этапа доводки самолета и подготовки к серийному производству. Стоимость этого этапа определена в 20 млрд долл., в его ходе планируется построить 10 предсерийных самолетов. Полет первого из предсерийных самолетов запланирован на 2005 г. График проведения этого этапа еще не определен окончательно, возможные задержки могут быть связаны с изменением отношения к программе со стороны новой администрации США, урезанием финансирования конгрессом или с трудностями технического плана, в частности с испытаниями самолета в варианте СУВВП.

За выпуском предсерийных машин последует шесть этапов выпуска серийных самолетов. Первые 13 серийных самолетов будут поставлены ВВС и КМП США в 2008 г.

Первые серийные JSF будут построены в соответствии со стандартом первой серии, с возможностью нести ракеты воздушного боя «Рэйтеон» AMRAAM и КАБ «Боинг» GBU-31 JDAM. Самолеты второй (начало поставок – 2009 г.) и третьей (начало поставок – 2010 г.) серий будут отличаться расширенными тактическими возможностями. К 2010 г. эскадрильи КМП США, оснащенные самолетами JSF, достигнут уровня первоначальной боеготовности.

Фирма «Локхид-Мартин» планировала оснастить свой вариант истребителя JSF германской 27-мм



пушкой «Маузер» BK27, в то время как фирма «Боинг» рассматривала в качестве альтернативного варианта 25-мм трехствольную пушку «Дженерал Дайнэмикс» GAU-12.

Встроенное пушечное вооружение должен был с самого начала нести лишь вариант самолета JSF, предназначенный для ВВС США. Самолеты для ВМС и Корпуса морской пехоты должны были иметь съемное пушечное вооружение, устанавливаемое лишь для решения конкретных боевых задач.

В проекте фирмы «Локхид-Мартин», предназначенном для ВВС США, пушка располагалась на одной из двух створок основного грузоотсека и могла вести огонь лишь при закрытом положении створки, через порт, прорезанный в обшивке фюзеляжа. На модификациях самолета фирмы «Локхид-Мартин», предназначенных для ВМС и КМП, пушка может размещаться в съемном контейнере на подкрыльевом узле внешней подвески.

Одноствольными пушками BK27 в настоящее время оснащены самолеты «Торнадо», EF2000 «Тайфун» и JAS 39 «Грипен» (изготовлено в общей сложности около 3000 орудий). По утверждению представителей фирмы «Локхид-Мартин», германское орудие имело относительно низкую отдачу и являлось оптимальным для размещения на самолете JSF. Конкурирующая пушка, GAU-12, устанавливалась на штурмовиках «Боинг» AV-8B «Харриер».

Выбор типа пушечной установки для самолета JSF был сделан осенью 1999 г., еще до начала его пол-



номасштабной разработки. Было решено оснащать самолет модифицированной пушкой фирмы «Маузер» ВК27.

7 апреля 1999 г. на полигоне Национальной гвардии США в окрестностях г. Меса (штат Невада) про-



*JSF фирмы «Локхид-Мартин» совершает посадку на палубу авианосца (рисунок)*



шла первая публичная демонстрация этой перспективной 27-мм авиационной пушки.

Пушка имеет один неподвижный ствол и ротативное барабанное заряжание. Принцип работы автоматики – отвод пороховых газов. Темп стрельбы пушки достигает 1800 выстр./мин. Выстрел производится посредством электродетонации капсюля боеприпаса. Пушка имеет относительно небольшую массу и габариты и практически не отличается от германского варианта авиапушки BK27 фирмы «Маузер Верке».

Пушка увеличенного калибра, по словам разработчиков, будет одинаково хорошо применяться как по наземным, так и по воздушным целям.

Прицельная дальность стрельбы по наземным целям составит около 3,5 км.

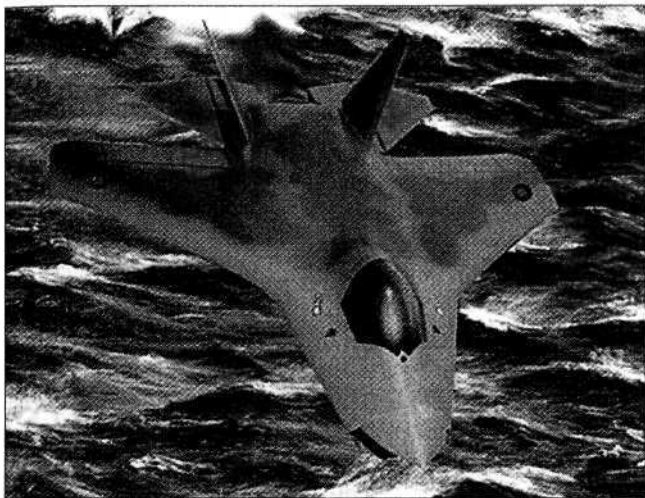
Экспорт оборонных технологий из США всегда являлся «политическим минным полем» даже для ближайших союзников Америки. Экспортный потенциал JSE, в отличие от предыдущих оборонных авиационных программ, активно изучается уже сейчас, еще до завершения конкурса на создание самолета. Экспортная политика в отношении этой системы оружия в настоящее время является предметом активного обсуждения в законодательной и исполнительной ветвях власти США. Отдел по экспорту вооружений МО США подготовил список стран – потенциальных участниц программы на этапе серийного производства.

Первой в списке потенциальных заказчиков стоит, естественно, Великобритания, страна, активно



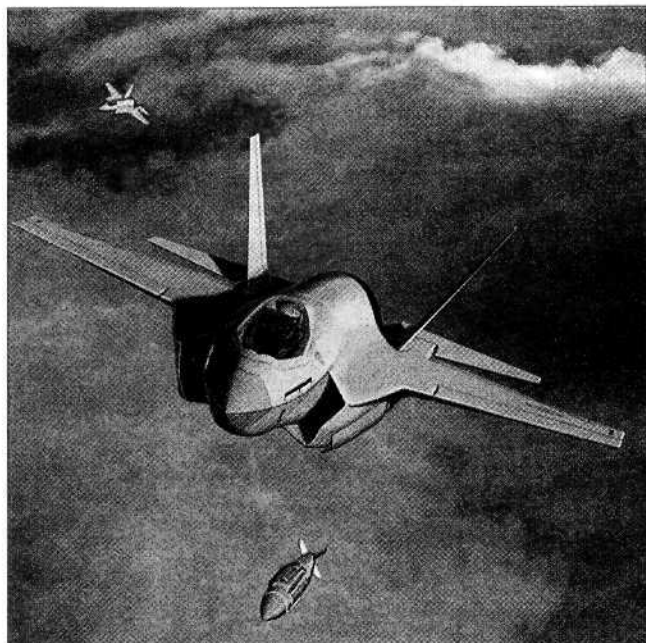


участвовавшая в формировании облика JSF и уже асигновавшая на исследования по этой программе 200 млн долл. В качестве «ассоциированных партнеров» рассматриваются Дания, Голландия и Норвегия, которые будут иметь ограниченное участие в разработке некоторых технологий по программе. Общий взнос этих стран составил 30 млн долл.



*JSF фирмы «Боинг» для флота Великобритании (рисунок)*

«Информированными партнерами» в программе JSF выступают Канада и Италия. Эти страны, внесшие в фонд финансирования JSF по 10 млн долл., получили доступ к информации о программе без непосредственного участия в ней.



*Сброс бомбы с JSF фирмы «Локхид-Мартин» (рисунок)*

Еще одной формой сотрудничества в рамках данной программы является предварительное финансирование в обмен на последующие поставки и развернутую информацию по программе. Предложения об участии в программе по этому варианту были разосланы Австралии, Бельгии и еще нескольким странам. И австралийцы, и бельгийцы ответили на это предложение отказом. Турция, Сингапур и Из-



раиль уже внесли свои взносы (6, 3,5 и 0,8 млн долл. соответственно), получив взамен развернутую информацию по производству, тренажерам, математическому моделированию, а также ЛТХ самолета и пр. В каждом случае объем предоставленной информации был дозирован, детали информационных пакетов, предоставленных каждой из этих стран, не разглашаются. Ожидается присоединение к программе Франции, Германии, Испании и Швеции. Основной целью этой схемы является предоставление потенциальным заказчикам возможности сделать свой выбор на основе максимально возможного объема объективных данных.

По британскому настоянию длина JSF была уменьшена на 0,3 м для того, чтобы самолет входил в лифты британских авианесущих крейсеров класса «Инвинсибл». В середине сентября британская сторона подписала Меморандум о взаимопонимании по участию в программе серийного производства JSF.

Еще одним радикальным новшеством, которое присуще программе JSF, является самостоятельный выбор участниками конкурса фирм — поставщиков и субподрядчиков. При этом основным принципом является минимизация стоимости программы. Уже на настоящий момент субподрядчиками фирм «Бойнг» и «Локхид-Мартин» является целый ряд европейских, канадских и израильских компаний.

Участие в программе сопряжено с риском не только технологического характера, но и с политикой конгресса, направленной зачастую на затягивание сроков



или даже закрытие дорогостоящих программ. В частности, в 2000 г. ассигнования на такую важную для ВВС США программу, как истребитель F-22A «Рэптор», были серьезно урезаны, а сроки окончания этапа строительства и испытания самолетов – демонстраторов по программе JSF и соответственно начала этапа серийного производства были сдвинуты на три месяца.

В качестве возможного конкурента самолету JSF на международном авиационном рынке называется модернизированный вариант легкого одномоторного истребителя SAAB JAS-39 «Грипен», снабженного ТРДДФ с системой управления вектором



*Заход на посадку на палубу авианосца JSF фирмы «Локхид-Мартин» (рисунок)*



тяги (летные испытания опытного самолета с подобной силовой установкой предполагается начать в Швеции в 2002 г.), новой БРЛС с активной ФАР, многофункциональными цветными кабинными дисплеями, модульным БРЭО, ИК системой обнаружения и сопровождения, элементами технологии «стэлс» и рядом других усовершенствований. По мнению представителей фирм SAAB и BAe (которая также участвует в маркетинге самолета JAS-39), модернизированный «Грипен» может сохранить конкурентоспособность до 2030 г.

Другими соперниками самолета JSF некоторые западные источники называли модернизированный вариант истребителя МиГ-29, известный как МиГ-35 и имеющий ТРДДФ нового поколения ( $2 \times 10\,000$  кгс) с системой управления вектором тяги (УВТ), крыло увеличенной площади, БРЛС «Жук-Ф» с ФАР, новый комплекс вооружения и другие усовершенствования.

Однако наиболее сильным соперником американской машины, очевидно, станет новый российский легкий многофункциональный фронтовой истребитель ЛФС. Хотя самолет JSF условно относится к истребителям пятого поколения (реализация технического задела, полученного в ходе программы ATF/F-22), он рассматривается как переходный этап к боевым самолетам нового, шестого поколения. В качестве дальнейшего направления совершенствования истребителя JSF BBC США и представители авиационной промышленности указывают на возможность создания его беспилотных («необитае-



мых») модификаций. В частности, фирма «Боинг» предполагает разработать к 2020–2025 гг. на базе JSF беспилотный боевой самолет UTA (Unmanned Tactical Aircraft). Стоимость такого БПЛА оценивается в 15 млн долл., что вдвое меньше стоимости пилотируемого варианта.

Беспилотный вариант самолета JSF должен иметь усиленную конструкцию, обеспечивающую маневрирование с установившимися перегрузками 20 единиц (по сравнению с 9 у пилотируемого самолета), что позволит ему уклоняться от перспективных ракет класса «воздух–воздух» и «воздух–поверхность».

Фирма «Боинг» предполагает выполнить БПЛА в двух вариантах: для борьбы с наземными и с воздушными целями.

Ударный вариант БПЛА должен дистанционно управляться оператором, размещенным на летающем КП, снабженным средствами ведения дальней разведки (в частности, РЛС бокового обзора с синтезированной апертурой).

Оператор может находиться и в боевых порядках войск. Основными задачами беспилотного ударного самолета должны являться борьба с целями в оперативном тылу противника и подавление неприятельской системы ПВО.

Беспилотный самолет воздушного боя должен дополнить пилотируемый истребитель F-22. Летчик истребителя F-22 сможет одновременно управлять действиями трех самолетов UTA, оснащенных УР класса

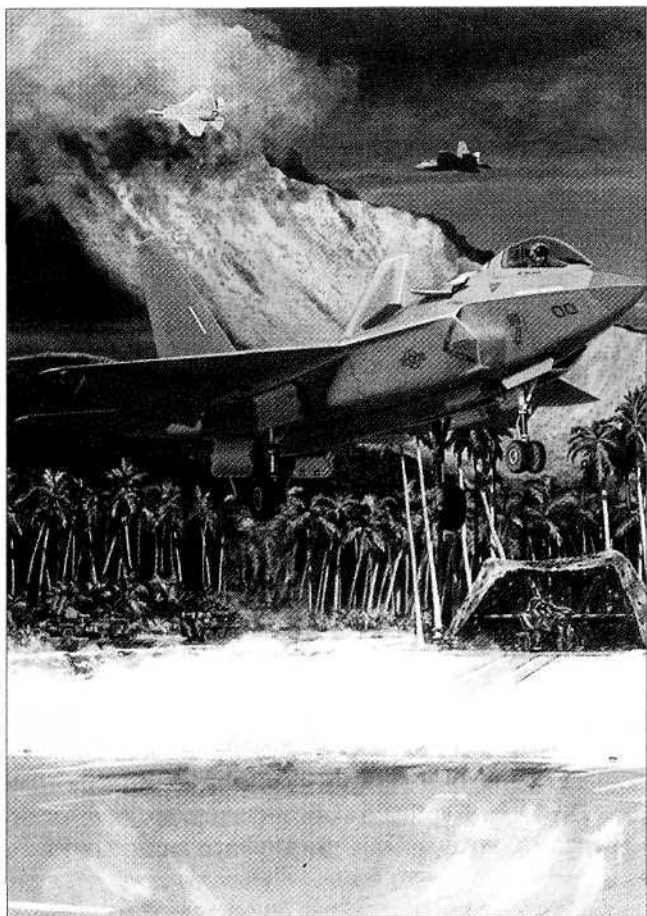


*JSF фирмы «Локхид-Мартин» (рисунок)*

«воздух-воздух» и находящихся в нескольких десятках миль от истребителя. При этом самолет F-22 будет действовать в режиме повышенной скрытности, без использования БРЛС и получая информацию о воздушном противнике с борта самолетов JSF/UTA, разведывательных БПЛА или ИСЗ.

По мнению специалистов фирмы «Боинг», наибольшую сложность при реализации программы JSF/UTA будет составлять обеспечение возможности передачи большого объема информации в короткий промежуток времени.

Следует отметить, что ряд специалистов указывают на потенциальную возможность затягивания



*JSF фирмы «Локхид-Мартин» Корпуса морской пехоты США*





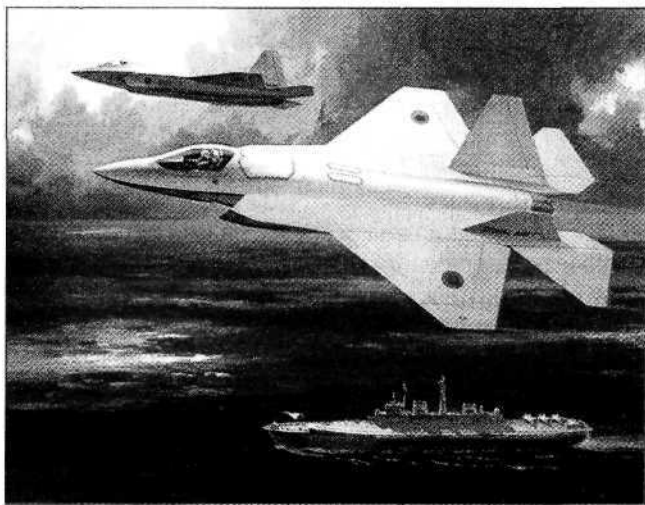
сроков реализации программы JSF или отказ от нее по техническим или финансовым соображениям. В этой связи рассматриваются возможные альтернативные варианты. В частности, по мнению полковника Дж. Уордена, эксперта BBC США по тактике применения боевой авиации, возможна закупка дополнительной партии усовершенствованных мало заметных самолетов «Локхид-Мартин» F-117. Самолеты, условно названные F-118, F-119 или F-120, должны иметь различные области применения и полетные режимы. Фактически предлагается закупить небольшие партии узкоспециализированных, частично унифицированных самолетов, оптимальных для решения боевых задач в конкретной области. По мнению Д. Уордена, число типов (точнее, специализированных модификаций F-117, каждая из которых предназначена для заполнения своей тактической «ниши») может достичь 10–15. При этом суммарное число закупаемых МО США самолетов будет значительно меньше 3000.

В связи с недостатком средств и «некоторыми политическими реалиями» программу летных испытаний экспериментальных самолетов, созданных в рамках программы JSF, решено растянуть по времени. Соответственно, будет отложено и начало следующего этапа – подготовки и развертывания сборочной линии для серийного производства. Удлинение программы позволит обеим фирмам провести более тщательные испытания вариантов истребителей с укороченным взлетом и вертикальной посадкой,



которые должны начаться лишь в январе, с целью сбора максимально возможного количества летной информации.

В связи с недостатком средств и «некоторыми политическими реалиями» программу летных испытаний экспериментальных самолетов, созданных в рамках программы JSF, решено растянуть по времени. Соответственно, будет отложено и начало следующего этапа – подготовки и развертывания сборочной линии для серийного производства. Удлинение программы позволит обеим фирмам провести более тщательные испытания вариантов истребителей



*JSF фирмы «Локхид-Мартин» для ВМС Великобритании (рисунок)*



с укороченным взлетом и вертикальной посадкой, которые должны начаться лишь в январе, с целью сбора максимально возможного количества летной информации.

## САМОЛЕТЫ JSF ДЛЯ КМП США

От поступления на вооружение в США самолета JSF напрямую зависит будущее авиакрыла КМП – основного заказчика самолета в варианте СУВВП. Любая задержка программы сильнее всего отразится именно на боеспособности морской пехоты, чей авиационный парк в настоящее время быстро устаревает. В то время как у ВВС и ВМС США имеется еще по одному перспективному самолету – соответственно «Локхид-Мартин» F-22A и «Боинг» F/A-18E/F, – у КМП такой машины, позволяющей «закрыть брешь» до поступления на вооружение JSF, нет. Единственным реальным выходом является поддержание в боеспособном состоянии парка СУВВП AV-8B и истребителей-бомбардировщиков F/A-18C/D. Таким образом, именно КМП США является наиболее заинтересованным заказчиком для JSF. Поступление первых серийных самолетов на вооружение морской пехоты весьма желательно в 2008 г., а достижение первоначальной боеготовности – к 2010 г. Всего КМП США заказала 609 самолетов JSF в варианте СУВВП по цене 35,6 млн долл. за самолет в ценах 1994 г. Новый самолет полностью заменит собой



парк из находящихся в настоящее время на вооружении одноместных истребителей-бомбардировщиков F/A-18C, двухместных УБС F/A-18D и СУБВП AV-8B. Кроме того, планируется добавить к JSF некоторое количество бывших флотских F/A-18C, сни-



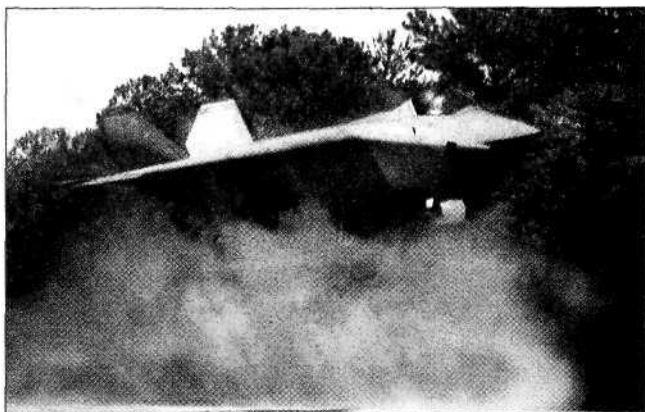
*X-32B на испытательном полигоне*



маемых с вооружения к моменту поступления в ВМС самолетов F/A-18E/F.

Основная проблема авиакрыла КМП состоит в том, что весь парк СУВВП AV-8B имеет непредвиденно высокий уровень износа. Ресурс их планеров оказался перерасходованным. В настоящее время в строю осталось чуть более двух сотен самолетов этого типа. Флот же стремится как можно дольше продлить жизненный цикл своих F/A-18C; в настоящее время, в связи с недостаточным темпом производства самолетов модификаций E/F, 200 самолетов F/A-18C проходят ремонтные работы с заменой центральной части фюзеляжа, что продлит их ресурс и сделает невозможной их передачу в распоряжение КМП. С целью продления ресурса этих самолетов как ВМС, так и КМП в настоящее время снизили эксплуатационные нагрузки на них, в частности, ограничив число катапультных взлетов и посадок на палубу с использованием крюка.

Критическая ситуация с оснащением парка авиакрыла КМП США является результатом необдуманного решения, принятого руководством КМП в начале 90-х гг. Оно состояло в отказе от принятия на вооружение более совершенного в технологическом отношении самолета, чем F/A-18C. F/A-18E показался КМП слишком дорогим и громоздким для использования в экспедиционных боевых операциях, кроме того, он не удовлетворял требованиям малой заметности. Вместе с тем JSF получается на 15 млн долл. дешевле F/A-18E, в то же время его вариант СУВВП можно использовать с аэродромов,



*Вариант JSF фирмы «Боинг» для ВМС Великобритании*

чье количество в десять раз превышает число баз, с которых может эксплуатироваться F/A-18E (потребная длина полосы для JSF составляет 315 м против 2440 м для F/A-18E). JSF также может летать с вдвое большего числа кораблей.

Недостаточная гибкость боевого применения F-18 была продемонстрирована в ходе боев в Косово, когда две эскадрильи этих самолетов, принадлежавших КМП США, вынуждены были базироваться на венгерских аэродромах из-за дефицита места на натовской базе в Авиано. JSF же может базироваться и на десантных вертолетоносцах, и даже на танкодесантных кораблях. Это особенно важно в свете того, что число активно действующих американских авианосцев в настоящее время ограничено 11 единицами.



Большой объем грузоотсеков позволит размещать на самолете в случае необходимости аппаратуру РЭБ, что позволит заменить на JSF устаревающие самолеты РЭБ EA-6B «Праулер», причем радиус действия нового самолета РЭБ будет таким же, как и у прикрываемых им «подопечных». В то же время, возможности по ведению радиоэлектронного противодействия у такого варианта JSF против точечных целей будет в 200 раз больше, чем у современных ударных самолетов.

Требования КМП к СУВВП – возможность вертикальной посадки с 2270 кг вооружения и резервом топлива, достаточным для пятиминутного висения и пятиминутного руления, поставили фирмы-разработчики в трудное положение. В настоящее время на обоих самолетах-демонстраторах принимаются жесткие меры по экономии массы для повышения посадочных ЛТХ.

## НУЖДЫ ВМС США

Несомненно, второй по трудности сверхзадачей в программе JSF является разработка его палубного варианта. Будучи принятым на вооружение флота, этот самолет составит более половины парка истребителей ВМС США.

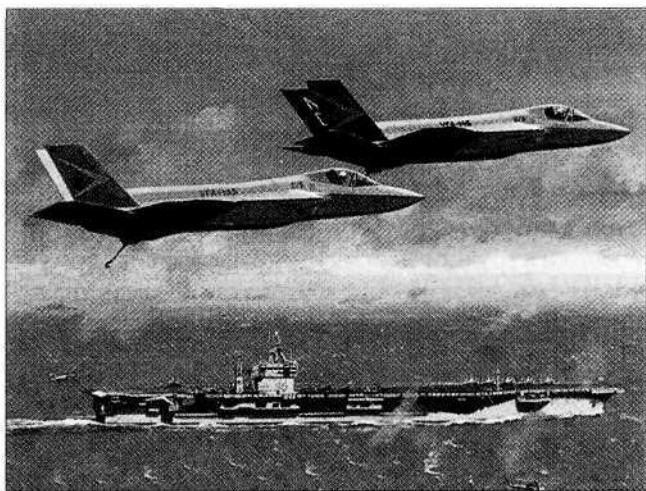
При отсутствии финансовых и инфраструктурных возможностей заказать полноценный малозаметный самолет типа F-117 или B-2 руководство





ВМС приняло решение о разработке самолета с ограниченными характеристиками малой заметности.

Верхний порог закупочной стоимости самолета JSF, определенный ВМС США, составил 38 млн долл. При этом самолет должен был занимать на палубе площадь, не более чем в 1,24 раза превышающую



*JSF ВМС США (рисунок)*

аналогичный параметр самолета F/Ф-18С. Двигатель самолета должна будет заменять команда из трех человек в течение 120 мин в условиях корабельной мастерской. Радиопоглощающее покрытие самолета необходимо иметь возможность восстанавливать в условиях отсутствия тепловых сушилок.





Еще одним требованием ВМС была дальность полета. Рубеж патрулирования JSF должен быть равен 370 км, а радиус действия при выполнении перехвата – 740 км. Причем все топливо должно размещаться внутри планера, так как подвеска ПТБ недопустима по соображениям уменьшения заметности. Требования по дальности упраздняют необходимость в палубных самолетах-заправщиках и позволяют разместить на борту авианосца большее число боевых самолетов.

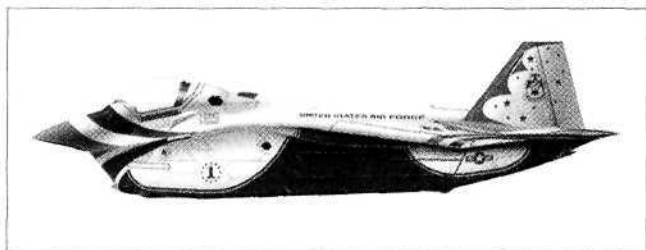
В условиях отказа от специализированных боевых самолетов руководство ВМС США считает, что каждый из самолетов тех двух типов, которые будут базироваться на палубах авианосцев, должен быть полufункциональным. В этом плане JSF может с одинаковым успехом использоваться как для перехвата, так и для ударов по наземным и надводным целям. Он является весьма гибким боевым самолетом, обладающим хорошей дальностью и малой заметностью благодаря внутренней подвеске вооружения. В случае использования в конфликте малой интенсивности самолет может нести дополнительное вооружение на внешней подвеске.

Фирмы «Боинг» и «Локхид-Мартин» внесли в конструкцию своих самолетов-демонстраторов изменения с целью удовлетворить требования флота к скорости захода на посадку в 268 км/ч и уменьшению времени реакции самолета на дачу ручки в каналах крена и тангажа. Еще два неизменных узла, которые должны присутствовать на палубном вари-



анте JSF – посадочный тормозной крюк и убираемая штанга дозаправки топливом в полете.

Конструкция планера и шасси самолета должна быть усилена для придания ему возможности катапультного взлета и посадки с большой вертикальной скоростью. В результате палубный вариант самолета будет тяжелее СУВВП и самолета наземного базирования на 1360 кг. Флот хотел бы иметь самолет с максимальной боевой перегрузкой в 9g, но специфические требования и дополнительная масса вынудили разработчиков ограничиться перегрузкой в 7,5g с возможностью кратковременного выхода на большие значения перегрузок (такая возможность имеется и у F/A-18).



*Проекция самолета JSF фирмы «Боинг»*

Поставки JSF флоту планируется начать после окончания поставок 548 истребителей-бомбардировщиков F/A-18E/F, первоначальная боеготовность палубных JSF будет достигнута не ранее 2012 г. Последние из заказанных 480 самолетов этого типа будут поставлены ВМС около 2021–2022 гг.

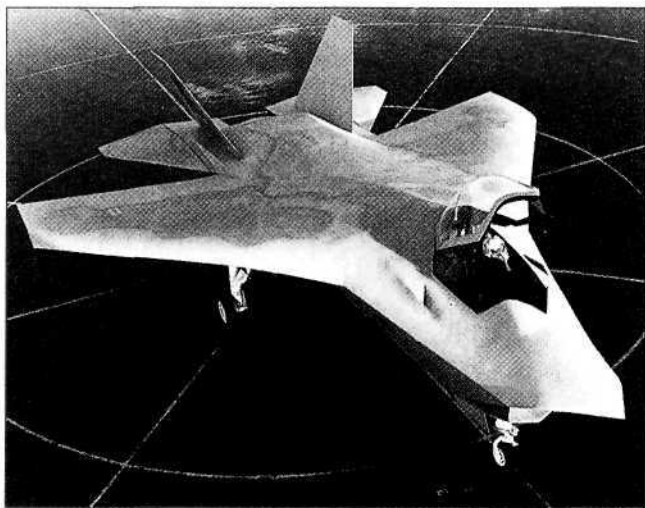


Этого количества будет достаточно для формирования десяти авианосных групп, в каждой из которых будет иметься две эскадрильи по 12 самолетов в каждой. Кроме того, в каждой авиагруппе будет иметься одна эскадрилья F/A-18E (12 машин) и одна – F/A-18F (14 машин).

## САМОЛЕТЫ JSF ДЛЯ ВВС США

Наряду с КМП ВВС США также испытывают насущную нужду в принятии на вооружение самолета JSF. Причина этого проста: более половины парка истребительной авиации ВВС составляют самолеты F-16, большинство из которых исчерпают свой ресурс (по планеру) начиная с 2009 г. Таким образом, JSF является единственным перспективным типом самолета, который будет способен заполнить собою образующуюся брешь. По мнению директора по оперативным требованиям ВВС бригадного генерала Д. Лифа, «этот самолет не только призван заменить собою устаревающие физически истребители, которые к тому же устаревают гораздо быстрее, чем нам хотелось бы, он также должен поддерживать наш стандарт как наиболее боеспособных ВВС в мире».

Важность программы JSF возрастает также в связи с сокращением числа покупаемых истребителей F-22 «Рэптор» с 750 до 339 машин. Это связано в первую очередь с непомерно высокой стоимостью «Рэптора» – более 90 млн долл. за самолет, – в связи с чем ко-



*JSF фирмы «Боинг» для ВВС США*

личества самолетов этого типа, закупаемых ВВС США, не хватит даже для замены самолетов F-15. При закупочной цене 30 млн долл. вариант JSF с обычным взлетом и посадкой является для ВВС оптимальным легким истребителем и будет закуплен в количестве 1763 самолетов. При этом в настоящий момент ВВС остановили свой выбор не на самолете с обычным взлетом и посадкой, а на СУВВП, предпочитая лучшим характеристикам боевой нагрузки и дальности гибкость базирования, присущую СУВВП. Кроме того, руководство ВВС решило использовать резерв сэкономленной в конструкции СУВВП массы для того,



чтобы дополнительно усилить планер самолета и дать ему возможность свободно маневрировать с перегрузкой до 9g.

Основной задачей нового самолета в ВВС будет поддержка наземных сил. Два типа самолетов на вооружении нужны для того, чтобы суметь отразить комбинированную угрозу. Наземной компонентой этой угрозы являются мощные современные ЗРК, бороться с которыми в первую очередь и будет призван JSF, оставляя для F-22 борьбу за завоевание превосходства в воздухе.

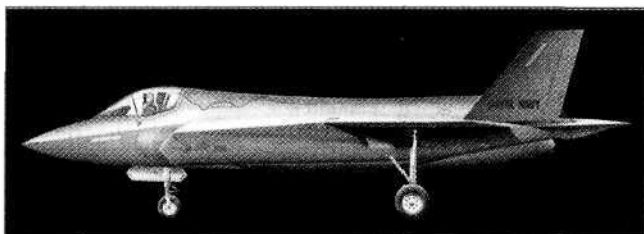
В настоящее время господство в воздухе ВВС США обеспечивает один тип самолета (F-15), в то время как «по земле» могут работать самолеты четырех типов (F-15E, F-16, A-10, F-117). В будущем же все задачи по уничтожению наземных целей будут выполняться одними JSF. Это произойдет к 2025 г.

С 2018 г. JSF начнет заменять собою снимаемые с вооружения самолеты F-15E и A-10, а также истребители-бомбардировщики F-16 серий 40 и 50.

Комбинация малой заметности JSF и интегрированной структуры его бортового комплекса даст его летчику полное представление об окружающей тактической обстановке и значительно повысит выживаемость самолета над полем боя. В связи с этим генерал Лиф делится своими соображениями и воспоминаниями о полетах на истребителе F-16 серии 40 над Сербией в 1999 г.: «Мои ощущения можно было сравнить с ощущениями человека, смотрящего одновременно четыре телевизора, имеющего при



этом в руках два пульта дистанционного управления и обязанного постоянно делать выбор одного из десяти каналов на каждом из телевизоров, причем выбор этот нужно было сделать правильно и в нужное время, без заглядывания в программу передач, ночью, да еще и под обстрелом! Поэтому, на мой взгляд, отображение информации не в том виде, в котором она приходит извне, а в обработанном виде, когда она становится нормально воспринимаемой, является огромным шагом вперед. F-16, как бы его ни модернизировали, не сможет обеспечить подобного прорыва в технологиях, его дает лишь F-22, но и JSF в этом плане весьма предпочтителен, так как имеет интегрированную архитектуру бортового комплекса».



*JSF флота Великобритании фирмы «Локхид-Мартин»*





## JSF В КОРОЛЕВСКОМ ФЛОТЕ

Несмотря на то что британский Королевский флот и BBC планируют заказать весьма незначительное количество самолетов JSF, британская сторона участвует в этой программе уже долгие годы. Английская промышленность и летно-исследовательский институт DERA внесли в программу огромный вклад в виде наработок по вертикально взлетающим самолетам.

Палубные самолеты «Си Харриер» FRS.2 и самолеты сухопутного базирования «Харриер» GR.7 будут нуждаться в замене в 2012–2015 гг. На замену этих двух типов самолетов необходимо около 150 машин нового типа.

К палубному истребителю нового поколения британское МО предъявляет следующие требования: всепогодность, всесуточность, способность решать задачи ПВО эскадры и наземных объектов, оказывать различные виды поддержки наземным силам, от непосредственной поддержки до штурмовки удаленных объектов противника, а также выполнять удары по надводным целям и тактическую разведку.

Несмотря на то что британская сторона профинансировала 10% работ по выработке концепции нового самолета, вложив в программу 200 млн долл., ей не гарантированы ни участие в серийном производстве JSF, ни поставки этих самолетов. В Англии палубный вариант или вариант СУБВП JSF рассматривают-



ся лишь как участники конкурса FCBA (Перспективный самолет палубного базирования). Их конкурентами в этом конкурсе являются самолеты «Боинг» F/A-18E, Дассо «Рафаль» М, палубный вариант самолета «Тайфун» консорциума «Еврофайтер» и, наконец, самолет нового поколения, созданный на базе «Харриера». Окончательное решение по этому конкурсу будет принято после одобрения МО Англии решения о замене четырех небольших авианесущих крейсеров типа «Инвинсибл» двумя большими авианосцами, получившими в настоящее время индекс CVF. Концептуально этот корабль еще не проработан. Он может быть рассчитан на базирование исключительно СУВВП, подобно советским «Минскам» и британским «Инвинсиблам», может представлять собой классический авианосец с катапультами и угловой посадочной палубой и, наконец, может иметь трамплин для бескатапультного взлета самолетов и угловую посадочную палубу, подобно российскому ТАКР «Адмирал Кузнецов». Программа CVF, по предварительным оценкам, обойдется в 10,5 млрд долл., в том числе на строительство двух кораблей, вступление которых в строй намечено на 2012 и 2015 гг., будет ассигновано около 5,5 млрд долл.

В случае, если выбор англичан падет именно на JSF в одном из его вариантов, они оплатят 10% расходов по программе серийного производства. Уже в настоящее время американская и британская стороны делают все возможное, чтобы максимально упростить обмен технологиями по программе. Стратеги-





*JSF британских ВМС ведет воздушный бой (рисунок фирмы «Локхид-Мартин»)*



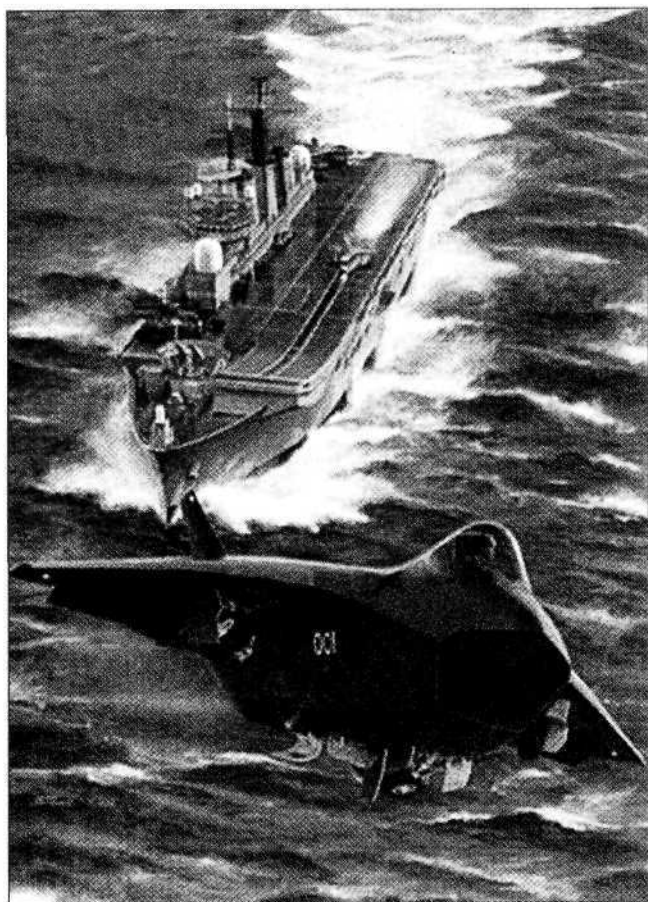
ческой целью этого обмена является заключение всеобъемлющего военно-технического договора, а ближайшей – дать англичанам ознакомиться с рядом новейших технологий, примененных в программе JSF, в частности с технологией «стэлс».

Взамен американцы хотят получить доступ к работам англичан в области СУБВП, в частности к технологии управления СУБВП на режимах вертикальной тяги, обладателем которой является институт DERA.

Представители Великобритании при штаб-квартире JSF в настоящее время готовятся к принятию первоначального решения о том, выбрать ли один из вариантов этого самолета в качестве предпочтительного кандидата в конкурсе FCBA, и, если оно будет положительным, встанет вопрос о финансовом участии английской стороны в серийном производстве JSF. В январе 2000 г. британские летчики начали полеты на самолетах X-32A и B, в ходе которых будет сделан выбор между палубным вариантом самолета и СУБВП.

По мнению начальника штаба британских ВВС маршала сэра Питера Сквайра, самолет, выбранный в ходе конкурса FCBA, ни в коем случае нельзя рассматривать исключительно как замену для «Харриера» – этот самолет должен обладать новыми возможностями, благодаря которым его можно будет причислить к самолетам нового поколения.

Весьма вероятен и выбор палубного варианта JSF. Англия обладает уникальным опытом боевого применения СУБВП, в первую очередь в фолклендской кам-



*Вариант СУБВП JSF по версии фирмы «Боинг» для ВМС Великобритании. Рисунок*



пании 1982 г., и военные этой страны имели возможность первыми оценить преимущества гибкости базирования, которые предоставляет СУВВП.

В январе 2000 г. британская сторона в лице Первого лорда Адмиралтейства сэра Найджела Эйссенхая объявила о задержке на год принятия окончательного решения относительно того, какой вариант JSF будет закуплен – палубный вариант горизонтального старта или СУВВП. В то же время Комиссия по закупкам новой техники МО Великобритании склоняется к мнению, что для этой страны будет предпочтительнее закупка СУВВП, так как для этих самолетов имеются готовые корабли – носители и накоплен большой опыт эксплуатации и полетов на СУВВП.

В настоящее время в программе JSF задействовано более 50 английских компаний.

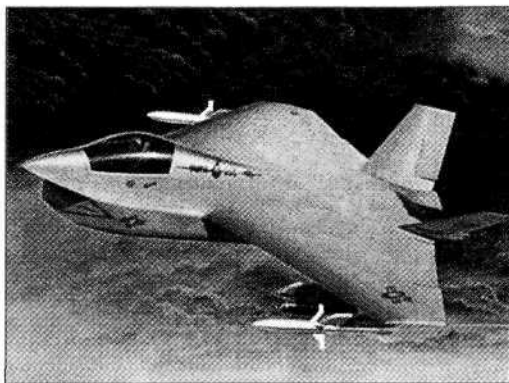
## САМОЛЕТ JSF ФИРМЫ «БОИНГ»

Первый полет самолета Х-32 фирмы «Боинг» ознаменовал собою возврат этой старейшей авиационной фирмы к производству истребителей. Первый шаг в этом направлении был сделан в 1996 г., когда компания приняла решение участвовать в конкурсе на создание самолета-демонстратора.

Отделение «Боинг Милитари Эйрплэйнз» в конце 1980-х – начале 1990-х гг. активно участвовало в трех программах, давших начало проекту JSF: в программе флотского перспективного многоцелевого

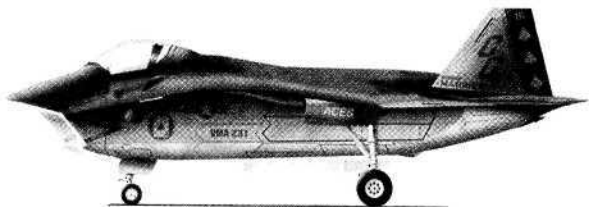
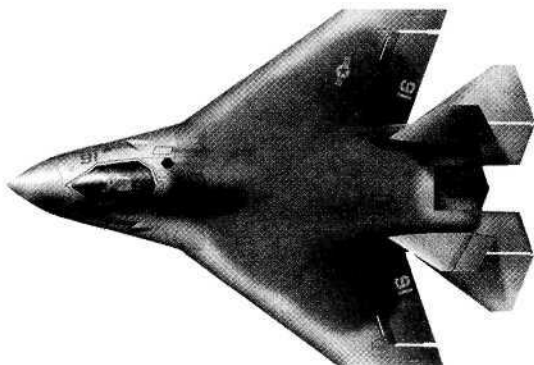
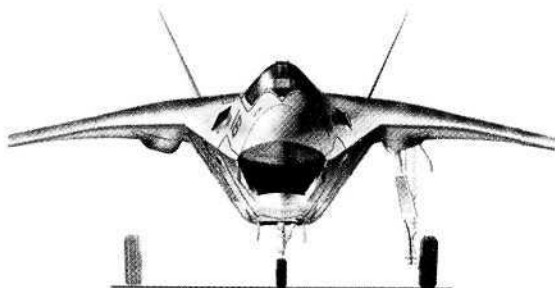


истребителя AF/X, в программе многофункционального истребителя для ВВС США MRF и в проекте DARPA CALF, детально описанном выше. Первые две программы были аннулированы, а к участию в третьей были допущены в марте 1993 г. фирмы «Локхид-Мартин» и «Макдоннелл-Дуглас».



*Рисунок самолета CALF фирмы «Боинг».  
Прослеживается «фамильное сходство» с X-32*

Фирма «Боинг» не признала своего поражения и в инициативном порядке приступила к исследованиям по СУВВП. По мнению специалистов «Боинга», это должен был быть относительно простой по конструкции самолет, по схеме создания вертикальной тяги повторяющий «Харриер». Но в отличие от «Харриера» проект «Боинга» в последней итерации был построен вокруг толстого треугольного крыла, применение которого позволяло минимизировать мас-

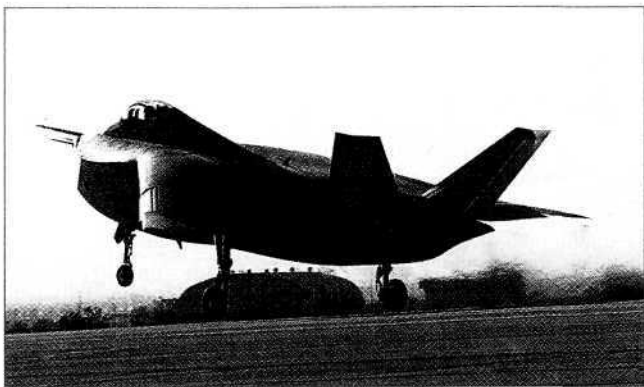




*Слева и сверху проекции самолета JSF фирмы «Боинг» для ВВС США*

су конструкции и обеспечить достаточные объемы для топлива. Во многом благодаря усилиям фирмы «Боинг» «на обломках» программ AF/X и MRF возникла технология JAST.

Проект фирмы «Боинг», представленный на конкурс AF/X, был достаточно интересен всем, кроме своей цены: один самолет должен был стоить более 80 млн долл. После аннулирования дорогостоящих программ их менеджеры от фирмы «Боинг» собрались на совещание, на котором выработали подход к участию в проекте JAST, взяв все наиболее ценное из проектов, пошедших «в корзину». Было ясно, что отныне стоимость новой программы является независимой переменной, так как и от AF/X, и от MRF отказались именно потому, что их стоимость еще в «эмбриональной» стадии превысила все возможные значения.



*Горизонтальный взлет самолета X-32A*

С точки зрения минимизации стоимости самым приемлемым вариантом оказалось треугольное толстое крыло, спроектированное «Боингом» в инициативном порядке для самолета CALF. Это крыло, наряду с системой непосредственного управления вектором тяги двигателя, и стало краеугольным камнем в построении концепции JAST, как она виделась специалистам фирмы «Боинг».

Как считали специалисты «Боинга», толстое крыло играло ключевую роль в достижении заданных характеристик по дальности и боевой нагрузке. На топливо, размещенное в крыльевых баках, приходилось около 40% взлетной массы самолета. Истребитель должен был иметь объем внутренних баков больший, чем суммарная емкость внутренних и подвесных баков других самолетов аналогичного клас-





са. В результате показатель «дальность/боевая нагрузка» истребителя JSF фирмы «Боинг» предполагался в 2,5 раза лучшим, чем у таких самолетов, как F/F-18 и F-16. При этом маневренные характеристики оставались на том же уровне или даже улучшались по сравнению с вышеуказанными истребителями.

Варианты самолета JSF фирмы «Боинг» для ВВС и ВМС США имели крыло увеличенного размаха со стреловидными законцовками. Крыло всех модификаций не складывалось и было снабжено маневренными предкрылками, на верхней части его передней поверхности были установлены интерцепторы.

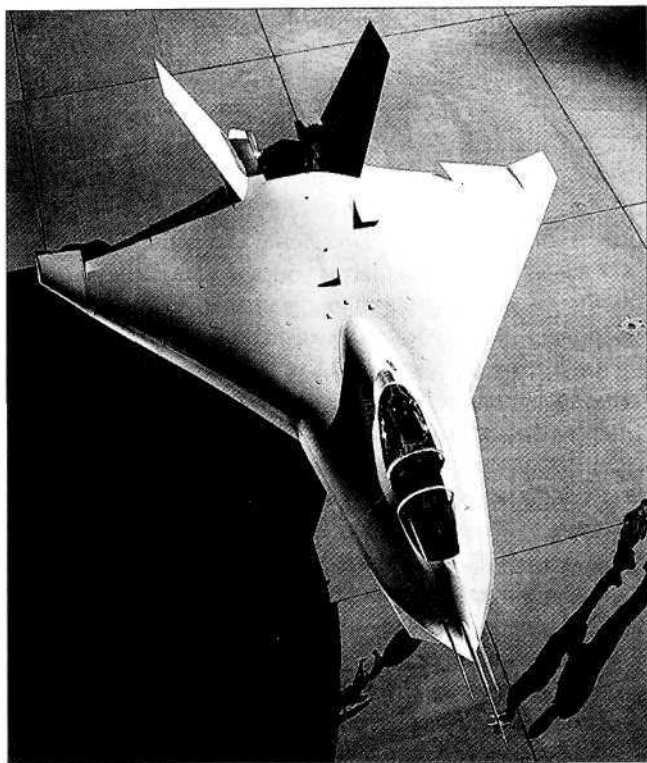
Основные опоры шасси убирались в гондолы, расположенные в корневой части крыла. Два грузоотсека располагались по бокам фюзеляжа, в центральной его части. Кроме того, под крылом предусматривались четыре узла внешней подвески для вооружения и ПТБ.

При создании самолета были использованы самые передовые технологии, освоенные фирмой в ходе реализации программы создания гражданского широкофюзеляжного самолета нового поколения «Боинг-777», а также участия в качестве субподрядчика в военных программах В-2 и F-22. По словам директора программы М. Мишшелиша, доля КМ в массе планера должна была на 50% превосходить долю КМ на истребителе «Локхид Мартин» F22 (где она составляет 24%).

Со всей остротой встала другая проблема: как на данной основе создать три типа самолетов, унифи-



цированных на 70–90%? Ответом на этот вопрос стала окончательная конфигурация самолета – высокоплана с треугольным крылом, V-образным оперением, носовым «подбородочным» воздухозабор-



*Самолет X-35A в ангаре*



ником и отсеками вооружения, расположенными по бокам фюзеляжа. Самолет изначально проектировался как система оружия, исходя из этого он не оптимизировался по тому или иному критерию. Например, большая стреловидность крыла по передней кромке явилась результатом не только аэродинамических расчетов; она обеспечивала также понижение радиолокационной заметности и размещение внутри толстого и длинного носка крыла большого количества различных датчиков. ●

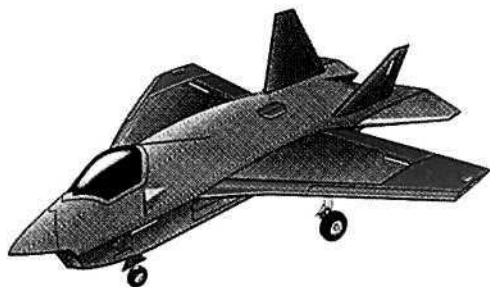
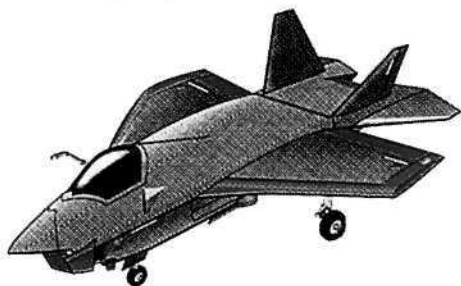
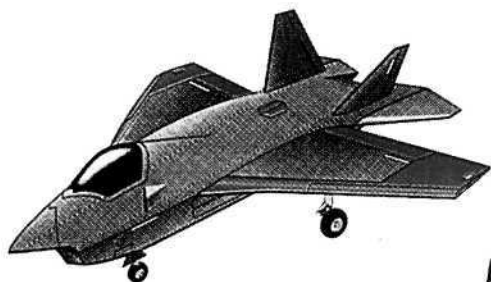
Крыло большой площади осталось, в принципе, неизменным, начиная с самых ранних итераций проектирования, когда в 1993 г. определялась внешняя конфигурация самолета, создававшегося по программе AS-TOVL/CALE. Этот агрегат является центральным во всей разработке, фюзеляж в процессе проектирования «приращивали» к крылу, а не наоборот.

Внутренний объем крыла достаточен для того, чтобы разместить внутри него ниши основных стоек шасси и 8600 кг топлива. При размерах, эквивалентных истребителю F-16, новый самолет несет во внутренних баках втрое больший запас топлива. Крыло имеет многолонжеронную конструкцию с верхней и нижней обшивкой из композитов, созданных с использованием термопластичной матрицы. Такая конструкция имеет низкую стоимость, малую массу и неплохо противостоит боевым повреждениям. В конструкции лонжеронов крыла применена технология волнового упрочнения Sine-Wave, разработанная фирмой «Боинг» для программы истребителя F-22.



До 350-й итерации на законцовках крыла присутствовали кили с рулями направления, выполнявшие также роль концевых шайб. По результатам исследований, проведенных в 1995 г., выяснилось, что пара разваленных наружу классических килей позволяет сэкономить массу и добавить самолету скрытности. В результате это решение без изменений перекочевало на Х-32. Развал килей обеспечивает самолету хорошую управляемость на малых скоростях и больших углах атаки при посадке на авианосец, даже в случае отказа приводов плоского сопла с УВТ, встроенного в контур управления по тангажу. В случае же отсутствия отказов самолет, по отзыву его создателей, имеет «выдающуюся маневренность» (хотя, скорее, речь здесь идет об управляемости. – *Прим. авт.*).

Требования площади, занимаемой самолетом на стоянке, вылились в ограничения его длины и размаха крыла. При выбранной компоновке с непосредственным управлением вектором тяги задача фирмы «Боинг» усложнялась еще и тем, что подъемное сопло должно было располагаться как можно ближе к центру масс самолета, а это, в свою очередь, вынуждало расположить двигатель в передней части самолета. При этом места для боковых воздухозаборников просто не оставалось, в результате чего было принято решение о внедрении переднего подкабинного нерегулируемого заборника с выступающей вперед нижней губой. Неоспоримыми достоинствами такого решения являются его простота, малая масса и технологичность. В результате доводок



Варианты самолетов JSF по версии фирмы «Локхид-Мартин»: для ВВС (вверху), для морской пехоты (посередине) и для ВМС (внизу)



канал заборника был оптимизирован для работы во всем диапазоне допустимых скоростей и по критерию снижения заметности.

При работе на околонулевых скоростях, на режимах УВВП, когда двигатель работает в режимах с повышенным расходом воздуха, передняя обечайка воздухозаборника выдвигается вперед на рельсовых направляющих, открывая широкую щель дополнительного забора воздуха.

Самолет имеет весьма высокое шасси, что обусловлено, во-первых, высокопланной компоновкой, а во-вторых, стремлением избежать подсасывающего эффекта на режимах УВВП.

Фюзеляж самолета X-32 с разваленными наружу боковыми поверхностями конструктивно состоит из двух частей: передней и задней, подкрыльевой. В передней части расположены кабина летчика, БРЛС и отсек БРЭО.

Ее спроектировали в Сиэттле и построили на заводе «Фантом Уоркс» в Сент-Луисе. Хвостовая часть, в которой расположены отсек двигателя и отсеки полезной нагрузки, была построена в Сиэттле. Коробку крыла построили на заводе в Палмдэйле.

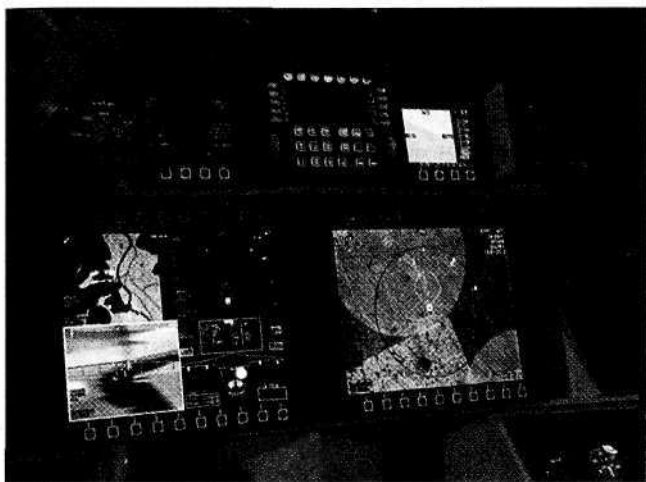
Грузовые отсеки самолета имеют большой объем благодаря широкому фюзеляжу. В них удобно подвешивать вооружение. Они обладают преимуществом скрытности при пуске оружия, так как можно пользоваться грузоотсеком, развернутым в сторону от цели. В каждом отсеке можно разместить две ракеты AMRAAM или одну ракету AMRAAM и одну КАБ JDAM.



При появлении более громоздких образцов вооружения длину грузоотсеков можно увеличить.

В конце 1998 – начале 1999 г. фирма «Боинг» получила обновленные ТТТ к самолету, создаваемому в рамках программы JSF. Новые требования включали в себя: возрастание взлетной массы, возрастание массы вооружения при возврате на авианосец, более жесткие требования к маневренным характеристикам на больших углах атаки и к устойчивости на курсе.

Стало очевидно, что при прежней конфигурации, с крылом треугольной формы и применением бесхвостой схемы эти требования удовлетворить не удастся. Требовалось более радикальное решение.



*Приборная доска самолета JSF фирмы «Боинг»*



В результате было решено заменить бесхвостую схему на обычную, со стреловидным крылом. Решение об этом было принято в самом конце 1998 г., а официальное сообщение последовало в феврале 1999 г.

Программу экспериментального самолета Х-32, находившуюся на грани аннулирования, удалось отстоять путем перераспределения средств, сэкономленных при постройке двух опытных самолетов, и направления их на разработку архитектуры боевого комплекса. Стоимость последней резко возросла в связи с пересмотром схемы самолета и возникшей необходимостью дополнительных продувок в АДТ. Несмотря на эти трудности, работы по программе Х-32 постоянно шли с опережением графика и велись без перерасхода средств.

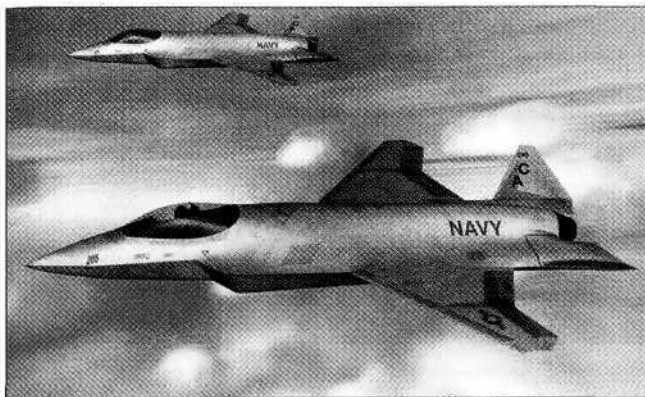
При изменении схемы выяснилось, что самолет в своей новой конфигурации с уменьшенным крылом и смонтированной системой УВТ перестал удовлетворять требованиям Корпуса морской пехоты США и британского флота по боевой нагрузке и дальности полета. Для преодоления этой тенденции пришлось применять дополнительные меры по дополнительному снижению массы планера.

На момент пересмотра аэродинамической схемы самолета 56% средств из кредита в 750 млн долл., выделенного на фазу предварительных НИОКР и строительства прототипов самолета Х-32, уже было потрачено, причем около трех четвертей этой суммы пошло на строительство опытных машин, а одна





четверть – на разработку архитектуры боевого комплекса ЛА. Несмотря на образовавшийся разрыв между финансированием и выполнением работ, программа все же не была аннулирована, а разрыв в графике работ был ликвидирован к началу 2001 г.

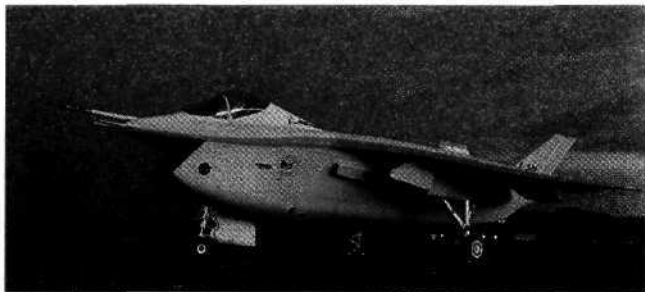


*Первоначальный вариант JSF для ВМС США*

Передняя часть фюзеляжа и передняя кромка крыла со стреловидностью  $55^\circ$ , а также двигательная установка не претерпели изменений. Задняя кромка крыла вместо отрицательной стреловидности в  $20^\circ$ , получила такую же положительную стреловидность. Внешняя форма самолета отрабатывалась в течение нескольких итераций, от 371 до 374,3. Часть площади крыла была «изъята» и добавлена к площади горизонтального оперения. В целях экономии массы отрицательная стреловидность нижней губы воздухо-



заборника была изменена на такую же, но положительную. В результате улучшились характеристики заборника на больших углах атаки и, по заявлениям представителей фирмы, «абсолютно не пострадала скрытность». (Хотя первая ступень компрессора двигателя теперь стала еще ближе к срезу заборника. — *Прим. авт.*)



*Самолет X-32A на стоянке*

На двухкилевом вертикальном оперении расположены односекционные рули направления. Горизонтальное оперение имеет двухлонжеронную конструкцию со «звездообразным» расположением лонжеронов, сходящихся в одной точке — узле поворота стабилизатора.

Несмотря на все различия демонстратора и серийного самолета, по оценкам специалистов фирмы «Боинг», результаты летных испытаний X-32 вполне можно будет экстраполировать на серийную конфигурацию JSF. В первую очередь это относится к степени общности разных вариантов, а так-



же к поведению на режимах укороченного взлета, вертикальной посадки, висения, перехода к горизонтальному полету (для СУВВП), а также захода на посадку на палубу авианосца с минимальными изменениями в программном обеспечении БЦВМ самолета. В последнем режиме будут проверяться приемистость двигателя, управляемость на малых скоростях и запас рулей. Устойчивость самолета на малых скоростях, по словам директора программы по системам вооружения Дэнниса Мюленбурга, достигается специфической конфигурацией передней кромки крыла и фюзеляжа, которая осталась неизменной. Самолет в новой конфигурации будет иметь гораздо больший запас рулей и, соответственно, лучшую управляемость при заходе на посадку. Мюленбург выразил уверенность в том, что самолет в серийной палубной конфигурации «от рождения» будет соответствовать уровню 1 условий захода на посадку.

В 1998 г. фирма «Боинг» сообщила, что было решено снизить степень унификации конструкции вариантов самолетов JSF для BBC, BMC и морской пехоты США, а также BMC Великобритании с 85 до 70%. «Мы полагали, что максимальная унификация позволит снизить стоимость самолета, однако теперь мы пересмотрели нашу точку зрения, приняв компромиссную конфигурацию», — заявил главный менеджер программы «Боинг» JSF Ф. Статкус. По его словам, был произведен поиск областей, где унификация была наиболее целесообразна.

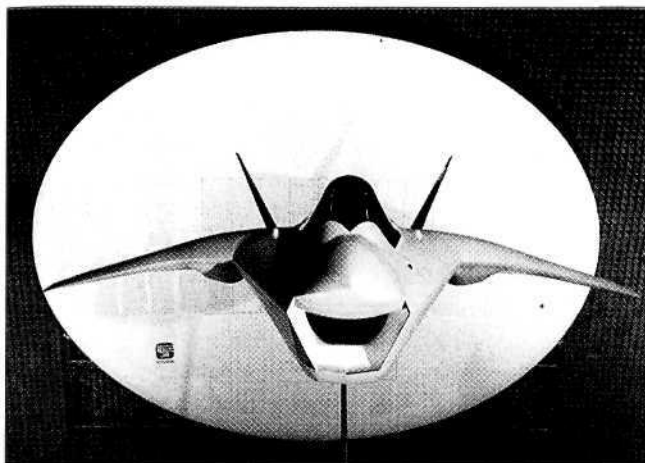


Вариант СУВВП по сравнению с сухопутным и авианосным имеет «подрезанное» крыло размахом 9,15 м против 11,0 м у самолетов горизонтального взлета. Длина СУВВП также несколько меньше, чем у двух других вариантов – 14,03 м против 14,42 м, за счет укорачивания задней части фюзеляжа. Эта мера позволила сэкономить 136 кг массы. Фирма «Боинг» выражает уверенность, что к началу серийного производства в результате массосберегающих мер все три варианта самолета можно будет сравнивать по длине, что даст возможность повысить уровень унификации и снизить стоимость. ●

На варианте палубного базирования применено усиленное шасси с двухколесной носовой стойкой, что увеличило стояночную высоту самолета на 30 мм.

Еще одним важным различием трех вариантов, предлагаемых фирмой «Боинг», является установка пушки «Маузер» ВК27 только на варианте сухопутного базирования. Палубный вариант будет иметь соответствующие палубной машине усиления конструкции планера и шасси, а также посадочный крюк. Вариант СУВВП будет оснащен системой создания вертикальной тяги. По заявлениям представителей фирмы «Боинг», несмотря на все различия, общность всех трех вариантов будет составлять от 85 до 95%, а сборка будет производиться на одной линии.

Программа НИОКР самолета JSF фирмы «Боинг» предусматривает три ступени снижения технического риска. Первая – постройка и испытания самолетов-демонстраторов. Вторая – разработка архите-



*Продувка натурного самолета X-32A в аэродинамической трубе*

ктуры боевого комплекса БРЭО самолета, мер по повышению его скрытности, создание тренажеров и имитация на них различных боевых заданий. На этой ступени широко задействована ЛЛ на базе самолета «Боинг-737-200», на которой отрабатываются различные решения архитектуры БРЭО, а также макеты самолета в натуральную величину для определения его ЭПР в различных ракурсах. Третья ступень будет включать в себя точное определение требований, предъявляемых к самолету как к системе оружия, в его серийной конфигурации.

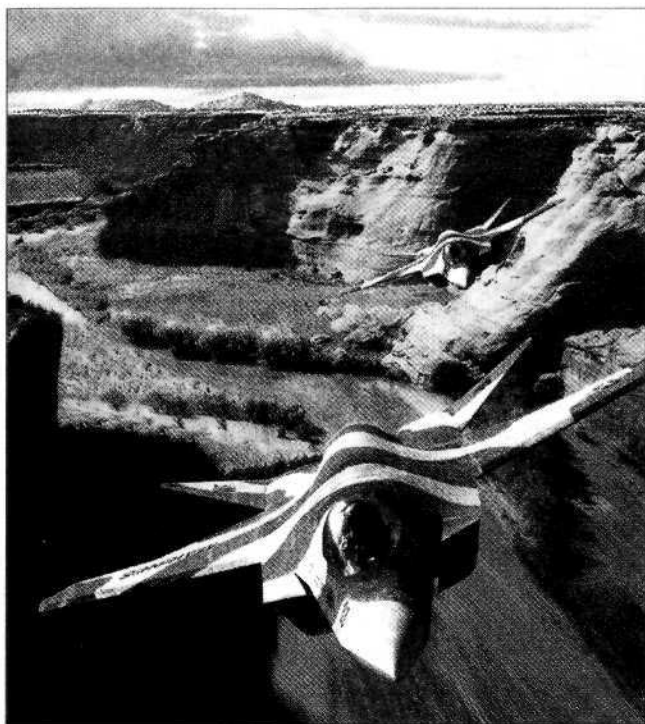
ЛЛ на базе самолета «Боинг-737» была широко задействована в программе испытаний комплекса



целевого оборудования самолета JSF, созданного фирмой «Рэйтеон». На борту ЛЛ смонтирован полный вариант комплекса, включая БРЛС AESA и оптоэлектронные датчики. Открытая архитектура комплекса позволяет без особых сложностей модернизировать его в течение жизненного цикла самолета. БРЛС, уже смонтированная на ЛЛ, получила новую антенну всего за 11 дней.

Комплекс БРЭО для истребителя «Боинг» JSF проходил испытания на борту летающей лаборатории в течение всего 2000 и начала 2001 г. В июне 2000 г. с использованием комплекса с самолета ЛЛ была сброшена КАБ JDAM, поразившая наземную цель. К началу 2001 г. было выполнено четыре успешные имитации боевых вылетов JSF на тренажере с участием стреловых летчиков ВВС США. С использованием имитаторов отрабатывается программное обеспечение БЦВМ самолета.

Самолет должен будет нести широкую гамму вооружения, предназначенного для поражения наземных, надводных и воздушных целей. В комплекс вооружения истребителя будут входить перспективные тактические крылатые ракеты JASSM (на самолетах ВВС) или SLAM-ER (ВМС и КМП), противотанковые УР типа «Мейверик», противорадиолокационные ракеты HARM (США) или ALARM (ВМС Великобритании), корректируемые авиабомбы типа JDAM и «Пейвуэй» III, свободнопадающие авиабомбы калибром 225, 450 и 900 кг, разовые бомбовые кассеты.



*Рисунок самолета JAST по версии фирмы «Макдоннелл-Дуглас».*

Для поражения воздушных целей истребитель может оснащаться УР средней дальности ATM-120 AMRAAM, а также ракетами малой дальности AIM-9M «Сайдуиндер» или перспективными высокоманевренными УР AIM-9X.



За всю историю оборонного ведомства США программа JSF будет одной из наиболее объемных. Тем не менее, по убеждению специалистов «Боинга», у этой фирмы есть три основные составляющие для ее осуществления: хорошо проработанный бизнес-план, в котором заложена низкая степень технического риска, готовность к исполнению этого плана, а также хорошая инженерно-техническая команда, готовая к работе.

Для сокращения технического риска при разработке нового самолета и интеграции его систем фирма «Боинг» разработала 60 специальных программ. Эффективность этих программ уже начала подтверждаться жизнью: с помощью двух самолетов-демонстраторов планируется провести оценочные испытания всех трех вариантов самолета JSF, а также оценить степень их общности. Создание ЛЛ для испытаний бортового комплекса подтвердило открытость последнего для модернизаций. Модели в натуральную величину позволили с большой точностью определить ЭПР, что, в свою очередь, дало возможность прогнозировать степень заметности самолета в боевых условиях. В результате была продемонстрирована как техническая, так и технологическая готовность к началу стадии серийного производства JSF.

Оно будет развернуто на заводах в Сент-Луисе и в Сиэттле. Линия окончательной сборки будет размещена в Сент-Луисе, но, в принципе, по заявлению представителя фирмы, сборка JSF сможет осуществ-





ляться на любом другом заводе. Большинство технологических процессов, примененных и отработанных в производстве самолетов-демонстраторов, будет применено и в серии.

Сборка носовой части самолета X-32A была закончена на заводе в г. Сент-Луис (штат Миссури) с опережением графика работ. Она получилась легче, и на ее сборку затратили несколько меньше средств, чем было запланировано. 26 марта 1999 г. этот агрегат в собранном виде был отправлен в г. Палмдэйл (штат Калифорния) для окончательной сборки. Процесс сборки носовой части фюзеляжа нового самолета занял 14 месяцев, что составляет примерно половину от первоначально запланированного срока. Эти успехи были достигнуты благодаря внедрению новейших технологий в области НИОКР, в частности пространственного компьютерного моделирования форм, нагрузок, сил и моментов, возникающих в полете, автоматизированно-



*X-32B на испытательном полигоне*



го предварительного размещения матриц при создании деталей из композитов, высокоскоростной обработки резаньем, и применению дешевых современных крепежных деталей. Положительные результаты дало и четко отлаженное взаимодействие с субподрядчиками.



*Церемония выкатки СУВВП «Боинг» X-32B*

В частности, применение пространственного моделирования элементов конструкции дало возможность субподрядчикам приступать к производству тех или иных деталей на значительно более ранней стадии НИОКР без дополнительных затрат средств и сил на производство промежуточных, «доводочных» образцов. С помощью пространственного моделирования был также заблаговременно раз-



работан технологический процесс общей сборки носовой части фюзеляжа.

Вышеперечисленные меры позволили, по словам представителя фирмы «Боинг», сократить время НИОКР на 40%, а время на сборку носовой части фюзеляжа – на 30%. Соответственно, аналогичная экономия времени и средств была достигнута и при разработке и изготовлении других агрегатов самолетов Х-32А и В.

Предметом гордости фирмы «Боинг» является «Команда Один», или «Единая Команда», в которую входят разработчики, технологи, субподрядчики и представители заказчика – всего 32 члена. Основной особенностью команды является способность работать без сбоев, как единое целое. ●

Участники команды не только занимаются поставками комплектующих, но и определяют конкретные моменты, связанные с конструкцией в целом. Команда была сформирована в 1995 г. на совещании подрядчиков и представителей заказчика.

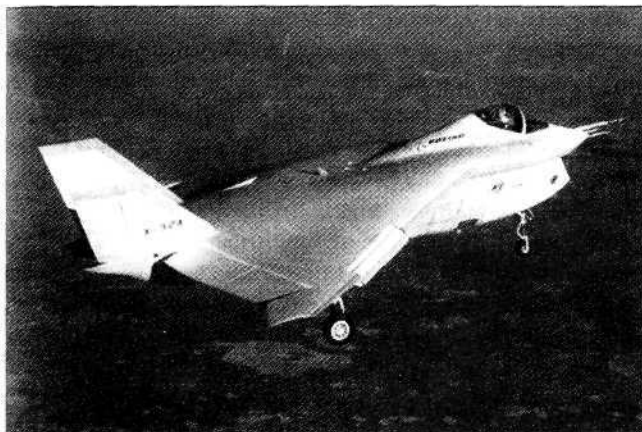
С большими трудностями к участию в команде на самой ранней стадии ее существования была допущена Великобритания, что придало программе JSF международный статус. Американцы были весьма заинтересованы в английских наработках по программе ASTOVL, поэтому интеграция прошла весьма просто и безболезненно. Участие английской стороны, в частности фирм BAe и «GEC Маркони», внесло дополнительную лепту в сокращение технического риска программы и укрепило ее финансово.



Англичане активно участвовали и продолжают участвовать в подготовке документации для серийного производства.

«Команда Один» разделена на группы в соответствии с теми техническими задачами, которые возлагаются на ее членов, причем инициатива по принятию большинства технических решений в рамках той или иной задачи лежит на членах группы, несущей за нее ответственность. В частности, выбор компьютерной программы сокращения технического риска от фирмы «Рэйтеон» был произведен членами соответствующей группы «Команды Один» самостоятельно, без какого-либо указания со стороны фирмы «Боинг».

Обслуживание ЛА является той областью, в которой у фирмы «Боинг» накоплен колоссальный опыт. Обычно стоимость программы боевого ЛА начинается спонтанно увеличиваться после его принятия на вооружение за счет стоимости его обслуживания, в то время как в гражданской авиации система эксплуатации ЛА по состоянию при постоянном контроле является уже общепринятой практикой и дает возможность значительно снижать эксплуатационные расходы. В основе идеи обслуживания JSF лежит та же идея плюс возможность производить регламентные работы и ремонт на любой авиабазе, без отправки самолета на фирму-изготовитель. Для реализации этой концепции на базе имеющегося опыта и стандартного коммерческого компьютерного обеспечения, применяемого в настоящее время для



*Самолет X-32B на посадочной глиссаде*

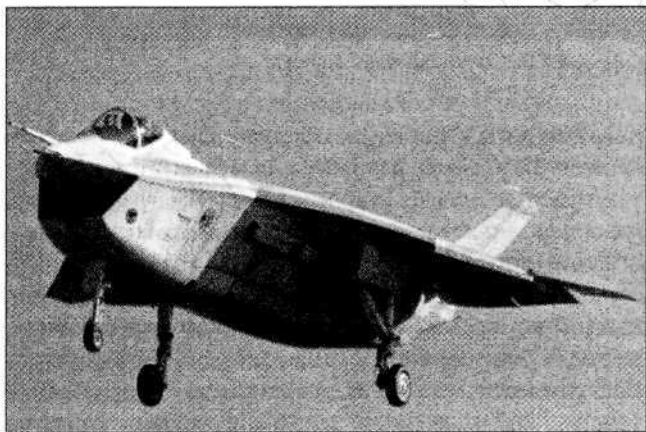
регламентных работ и обслуживания самолетов «Боинг-777», была разработана объединенная система распределения информации JDIS. Эта программа обеспечивает пользователей информацией о необходимости регламентных работ, ремонта, а также о наличии материалов, запчастей и персонала для каждой конкретной машины в каждом конкретном месте ее базирования. Конечной целью разработки JDIS является обеспечение самолета запчастями в течение 24 часов после запроса в любом пункте на территории США и в течение 48 часов – в любой точке вне США.

JDIS будет работать совместно с системами прогнозирования неисправностей, которыми будут



комплектоваться все серийные самолеты. Надежность работы системы обеспечивает надежность функционирования как в мирное, так и в военное время в качестве подчиненного звена глобальной системы снабжения запчастями, работающей под эгидой правительства США.

Планируемая экономия в стоимости регламентных и ремонтных работ оценивается в 30%, применение системы позволит сократить количество персонала, занятого на работах, на 40%, причем надежность работы всех систем самолета повысится на 50%.



*Посадка самолета X-32A*

В середине декабря 1999 г. фирма «Боинг» завершила постройку двух демонстрационных самолетов



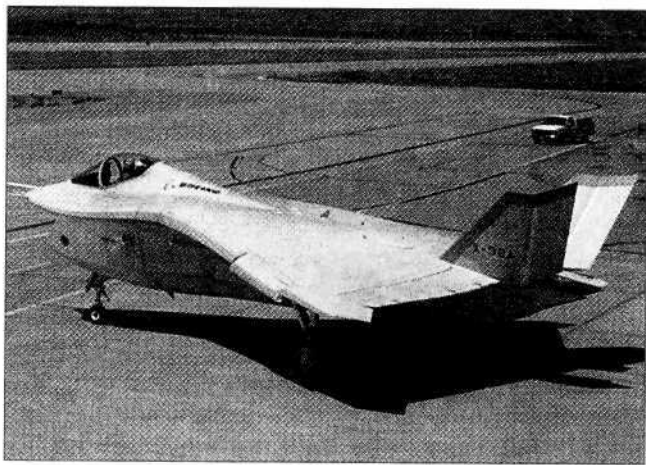
X-32A и X-32B. Это позволило «Боингу» отметить своеобразную тактическую победу над конкурирующей фирмой «Локхид-Мартин», которая только в начале 2000 г. в рамках программы JSF завершила сборку двух демонстрационных самолетов X-35.

В конце мая 2000 г. был успешно завершен первый этап рулежных испытаний экспериментального самолета X-32A. Помощник руководителя программы испытаний самолета Кэти Флеминг сообщила, что во время рулежных испытаний была достигнута скорость 102 км/ч. Испытания подтвердили работоспособность систем самолета, включая управление шасси, тормоза и силовой установки. Затем фирма «Боинг» провела пробежки с более высокими скоростями.

Программа летных испытаний самолета «Боинг» X-32A стартовала 18 сентября 2000 г. Первоначально летные испытания были запланированы на апрель – май 2000 г., но из-за длительной забастовки инженерно-технических работников фирмы «Боинг» они были перенесены. 23 сентября 2000 г. на авиабазе Эдвардс состоялся второй полет X-32A. Первоначально полет был запланирован на 21 сентября, но из-за сильного ветра был перенесен. Продолжительность полета составила 50 мин; он проходил на высоте 3050 м со скоростью более 320 км/ч. Летчик-испытатель Фред Нокс (Fred Knox) заявил после полета, что «поведение самолета оказалось таким, какое мы получили на пилотажных стендах». Были определены некоторые летные характеристики, которые позволили



перейти к более сложным полетам. Самолет был облетан шестью летчиками фирмы «Боинг» и ВВС США. В ее ходе были не только выполнены все задачи, поставленные перед самолетом в рамках программы летных испытаний, но также получена ценнейшая дополнительная информация помимо того объема, который был обозначен в контракте с ВВС США. Летчик-испытатель фирмы «Боинг» Ф. Нокс отметил как высочайшую заслугу команды разработчиков самолета то обстоятельство, что программа была выполнена в беспрецедентно короткие сроки и с максимальным эффектом. Одним из факторов, обеспечивших этот успех, бесспорно, является высокий уровень использования в программе моделирования и имитаторов. В ходе



*Самолет X-32B на авиабазе Эдвардс*





полетов X-32 легал в точности, как его математическая модель, установленная в тренажер. Самолет развивал сверхзвуковую скорость. Летное время было поделено примерно пополам между программами испытаний в вариантах самолета для ВВС и ВМС.

X-32A в ходе своих летных испытаний продемонстрировал возможности самолета с горизонтальным взлетом и посадкой (вариант для ВВС) и самолета палубного базирования для ВМС. Этот факт, по словам представителя фирмы «Боинг» Ф. Статкуса, является дополнительным подтверждением высокой степени общности различных вариантов самолета JSF, предлагаемых фирмой «Боинг». Степень общности по-прежнему является одним из основополагающих требований заказчика, причем два экспериментальных самолета должны продемонстрировать возможности всех трех вариантов, предполагаемых к запуску в серию. В частности, X-32A продемонстрировал нормальную управляемость при заходе на посадку на авианосец с большим углом атаки и частично – возможности при укороченном взлете варианта СУВВП.

Эти результаты могут быть использованы при летных испытаниях самолета СУВВП X-32B, опять же, благодаря высокой степени общности всех трех вариантов самолета.

В ходе программы летных испытаний можно выделить следующие этапы:

- первый полет, состоявшийся 18 сентября 2000 г., – самолет перелетел с заводского аэродрома в г. Падмдэйл на авиабазу Эдвардс;



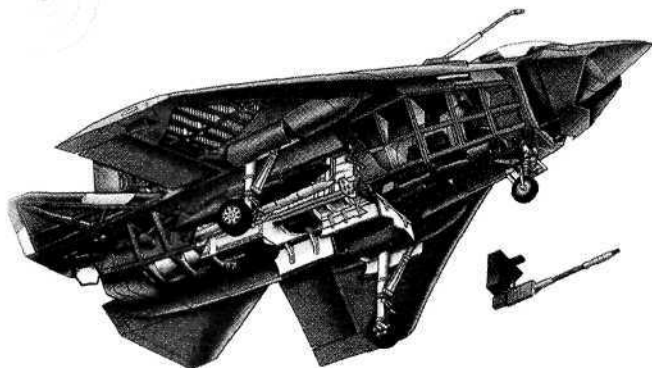
- испытания по заходу на посадку на малой скорости. В течение ноября и декабря 2000 г. самолет X-32A под управлением представителя заказчика, летчика Ф. Йэйтса, успешно выполнил серию заходов на посадку, свойственных для самолета палубного базирования, достигнув параметров, удовлетворяющих требованиям ВМС США;
- первая дозаправка в воздухе. В декабре 2000 г. самолет на высоте 6100 м, летя со скоростью 435 км/ч, пристроился к жесткой штанге заправки самолета KC-10 и выполнил имитацию дозаправки в воздухе без каких бы то ни было проблем;
- выход на сверхзвук. 21 декабря 2000 г. самолет «Боинг» X-32A с летчиком Э. Кабрерой из ВВС США вышел на сверхзвук на высоте 9200 м;
- испытания грузоотсека. В январе 2000 г. на фирме «Боинг» были успешно завершены акустические и вибрационные испытания бокового грузоотсека самолета X-32A как при наличии, так и при отсутствии в отсеке элементов вооружения.

После 66 испытательных полетов общей продолжительностью 50,4 летного часа самолет «Боинг» X-32A, созданный в рамках конкурса JSF, в начале февраля 2001 г. завершил программу летных испытаний, названную «одной из наиболее успешных программ летных испытаний за всю историю».

Второй самолет, участвующий в программе летных испытаний, X-32B, оснащен двигателем с пово-



ротным вектором тяги и призван продемонстрировать возможности укороченного взлета и вертикальной посадки. Силовая установка самолета прошла весьма объемные стендовые испытания, включавшие в себя более 1000 переходов с режима горизонтальной тяги на режим вертикальной тяги и обратно. На заводе фирмы «Пратт-Уитни» в г. Вест Палм Бич (Флорида) в конце января 2000 г. завершились испытания двигателя, который был затем установлен на X-32B перед испытаниями на вертикальных режимах тяги. В феврале – марте, после переборки и тщательного осмотра состояния узлов и агрегатов, двигатель прошел стендовые испытания на режимах, соответствующих реальному боевому вылету самолета.



Компоновочная схема СУВВП JSF по версии фирмы «Бойнг»



В начале 2001 г. самолет X-32В начал программу наземных газовок и рулежек на малых и средних скоростях (до 110 км/ч) на аэродроме в Палмдэйле. По словам летчика-испытателя Дэнисом О'Донахью, на земле самолет ведет себя точно так же, как X-32А. Первый полет X-32В состоялся в марте 2001 г. Программа летных испытаний прошла также в Центре боевого применения авиации ВМС США в Патуксент-Ривер.

Самолет X-32В имеет минимальные внешние отличия от X-32А, в частности видоизмененную нижнюю губу воздухозаборника.

7 марта 2001 г. экспериментальный самолет X-32В завершил программу наземных испытаний в режиме укороченного взлета и вертикальной посадки. В ходе пробежек и газовок сопло двигателя «Пратт-Уитни» F119-614 отклонялось на различные углы от своего горизонтального положения, величины тяги достигали максимального бесфорсажного значения.

Газовки с переводом двигателя с маршевого режима на режим вертикальной тяги и обратно также производились шеф-пилотом программы самолета X-32 Дэнисом О'Донахью на привязи, причем самолет располагался над газовой ямой. Испытания подтвердили полную интеграцию систем самолета и их работоспособность.

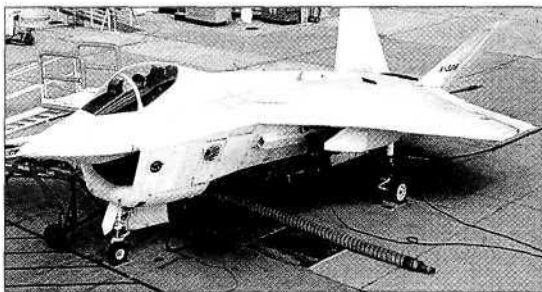
Наземные газовки являлись важной частью мер по снижению риска в ходе летных испытаний экспериментального СУВВП X-32В. В их ходе была про-



демонстрирована легкость перехода с режима на режим и гибкость системы непосредственного управления вектором тяги двигателя. Эта способность силовой установки Х-32В даст самолету возможность очень быстро (за 1–3 с) переходить от самолетного режима на режим висения и обратно, минимизируя время нахождения на неустойчивом переходном режиме, причем как вблизи, так и вдали от земного экрана. Это, по словам разработчиков, кардинально отличает новый СУВВП от «Харриера», который на режиме вертикальной тяги нуждается в земном экране, и затем переходит из него в режим висения без влияния земли.

В ходе летных испытаний Х-32В планировалось сначала продемонстрировать переход из режима висения в горизонтальный полет, а затем, после отработки этого элемента, и возможность вертикальной посадки.

Возможности Х-32В уверенно висеть и переходить с режима на режим многократно подтвержда-



*Самолет Х-32В проходит предполетную диагностику*



лись компьютерными имитациями и полетами на тренажерах, а также результатами стендовых испытаний двигательной установки самолета, в ходе которых было произведено 1300 газовок. Интегрированная система управления самолетом и двигателем, а также законы управления, заложенные в нее, были проверены и признаны готовыми к летным испытаниям. В январе 2001 г. двигательная установка X-32В дважды был подвергнута испытаниям в реальном масштабе времени, в ходе которых она работала на режимах, соответствующих таковым в ходе боевого вылета.

## ПРОЕКТ САМОЛЕТА JSF ФИРМЫ «ЛОКХИД-МАРТИН»

Самолеты X-35 были созданы на техасском заводе фирмы «Локхид-Мартин». Они воплощают в себе менее радикальную концепцию, чем проект JSF «Боинга», разработанную опытной американской «истребительной» фирмой в сотрудничестве с британской корпорацией BAe. Этот факт отразился на внешнем виде самолета, который выглядит гораздо более «классично», чем его конкурент. X-35 является прямым потомком проектов CALF и ASTOVL начала 1990-х гг. – это в первую очередь истребитель, а не ударный самолет, причем истребитель с изначально заложенной функцией СУВВП. Команде разработчиков предстоит задача: во-первых, продемонстри-



ровать возможности СУВВП с подъемным вентилятором, механически приводимым от двигателя, а во-вторых, достичь максимально возможной степени общности СУВВП и двух вариантов с горизонтальным взлетом и посадкой.

Наиболее трудно реализуемыми, на взгляд специалистов фирмы «Локхид-Мартин», являются требования по выполнению вертикальной посадки при скорости подхода более 200 км/ч с резким торможением и последующим касанием палубы, на волнении перемещающейся с вертикальной скоростью до



Один из ранних вариантов конфигурации истребителя JSF по версии фирмы «Локхид-Мартин». Рисунок



3 м/с. Для создания вертикальной тяги было решено использовать расположенный в носовой части, за кабиной, вентилятор с вертикальной осью, приводимый посредством длинного вала от подъемно-



*Схема силовой установки  
СУВВП X-35B*

маршевого двигателя (ПМД), расположенного в хвостовой части, в сочетании с поворотным соплом последнего. Воздушная подушка холодного воздуха от вентилятора в районе носовой части фюзеляжа предотвращает всасывание раскаленных выхлопных газов от двигателя в воздухозаборники. Холодный воздух от компрессора ПМД отбирается на режимах УВВП в систему струйного управления. В результате система получает значительные преимущества перед примененной у «Боинга», в частности меньшее влияние струи на экранную поверхность, более высокий общий КПД и возможность оптимизировать самолет для сверхзвуковых скоростей. Подъемный вентилятор удваивает расход воздуха через силовую установку благодаря подведению к нему мощности в 27 000 л. с., одновременно снижая среднюю темпе-





ратуру выхлопа и снижая скорость истекающих струй, что становится важным при околонулевых скоростях полета. При переходе к горизонтальному полету подъемный вентилятор отключается, и двигатель приобретает свою обычную конфигурацию, оптимизированную для сверхзвукового полета, вместо компромиссной схемы, принятой у «Боинга». Кроме того, инженеры «Локхид-Мартин» предполагали сделать самолет не укороченного, а вертикального взлета.

Вместе с тем схема с подъемным вентилятором имеет серьезный недостаток, заключающийся в возмимой «мертвой массе» двухступенчатого вентилятора, его канала, створок, разобщительной муфты, приводов, вала и подшипников, бесполезного в горизонтальном полете. Эта масса составляет 1800 кг (при массе ПМД 1450 кг. – *Прим. авт.*).

У самолетов с горизонтальным стартом на месте агрегатов вентилятора располагаются баки для 2270 кг топлива, благодаря чему их дальность возрас-



*Схема силовой установки  
СУВВП X-32B*



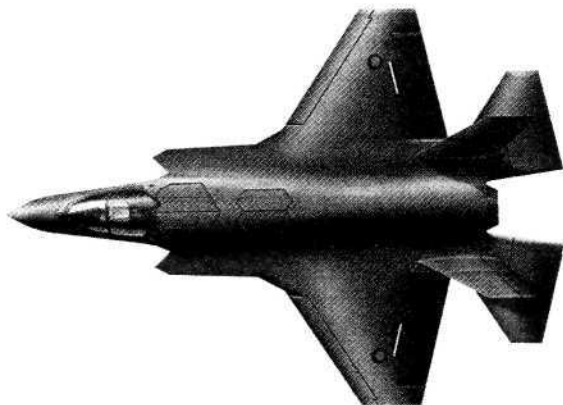
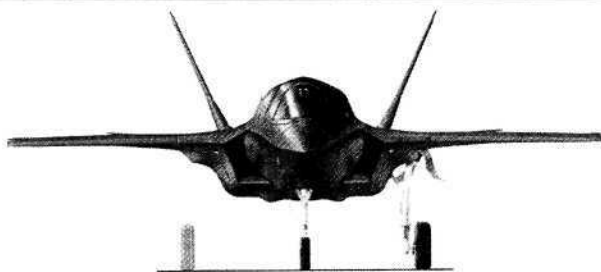
тает на 370 км. Кроме того, на этих вариантах устанавливается осесимметричное сопло со сниженными параметрами заметности. Самолет палубного базирования будет иметь боевой радиус действия 1330 км, что в два раза превышает аналогичный параметр самолета F/A-18C.

Базовая конфигурация истребителя JSF фирмы «Локхид-Мартин» осталась неизменной с итерации 230-1, принятой в июле 1997 г. в ответ на опубликование первой редакции объединенных ТТТ. В ответ на вторую редакцию ТТТ самолет основательно «подрос» в размерах и массе, но с появлением окончательной редакции ТТТ, ужесточившей требования к полезной нагрузке при возврате на авианосец и к характеристикам при заходе на посадку, а также определившей потолок стоимости, размеры и массу вновь пришлось уменьшить, что было осуществлено в мае 1999 г. в итерации 230-4.

Одним из наиболее заметных чисто внешне изменений было укорачивание каналов боковых воздухозаборников на 0,76 м. Канал воздухозаборника из четырехгранного стал трехгранным для того, чтобы улучшить характеристики двигательной установки на больших углах атаки.

Эта мера позволила также сэкономить некоторую массу и на 1% повысить КПД двигательной установки за счет снижения потерь давления на входе в двигатель.

Начиная с итерации 230-3 у конструкторов «Локхид-Мартин», как и «Боинга», начались сложности с

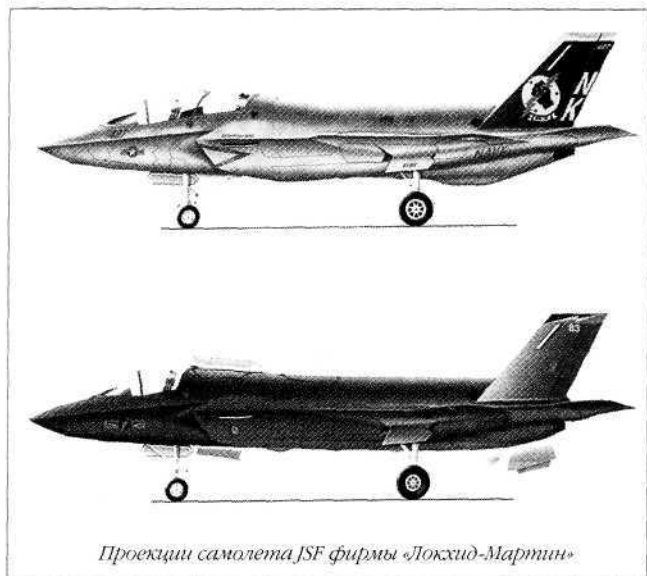


*Проекция самолета JSF фирмы «Локхид-Мартин».*



обеспечением общности вариантов в связи с возросшими требованиями флота к палубному варианту. Было решено отказаться от экзотических систем увеличения аэродинамической подъемной силы на малых скоростях, например системы управления пограничным слоем, а требуемых характеристик захода на посадку достичь применением максимально простой аэродинамической схемы. Требования флота включали в себя скорость захода 252–263 км/ч при угле атаки  $11^\circ$  и посадочной массе 18 570 кг. Целью конструкторов стало достижение минимально возможной скорости захода на посадку, с тем чтобы установить потолок посадочной массы и улучшить креновые характеристики. В результате были осуществлены изменение конфигураций передней и задней кромок крыла авианосного варианта, добавление к механизации элеронов и увеличение размаха. Одновременно площадь всех поверхностей оперения была увеличена. Эти изменения сильно снизили процент общности разных вариантов. Если сухопутный вариант и СУВВП имеют коэффициент общности 81%, то любой из этих вариантов имеет с палубным самолетом лишь 62% общих частей. При этом характеристики управляемости получились сходными лишь на 23%. Но, несмотря на это, усредненный уровень общности всех трех вариантов остался в пределах 70–80%, что гораздо выше, чем если бы для палубного варианта пришлось создавать новое крыло.

В итерации 230-5 выдвигающийся D-образный воздухозаборник подъемного вентилятора уступил



*Проекция самолета JSF фирмы «Локхид-Мартин»*

место створкам, что, с одной стороны, позволило сэкономить 132 кг массы, а с другой – значительно улучшить характеристики системы «вентилятор – канал». Применение осесимметричного регулируемого поворотного сопла вместо плоского сэкономило еще 182 кг массы в сочетании с улучшением характеристик двигательной установки, ростом тяги на режимах ВВП, массы полезной нагрузки и отодвиганием границы срыва.

Эти положительные особенности осесимметричного сопла позволили «приставить обратно» часть



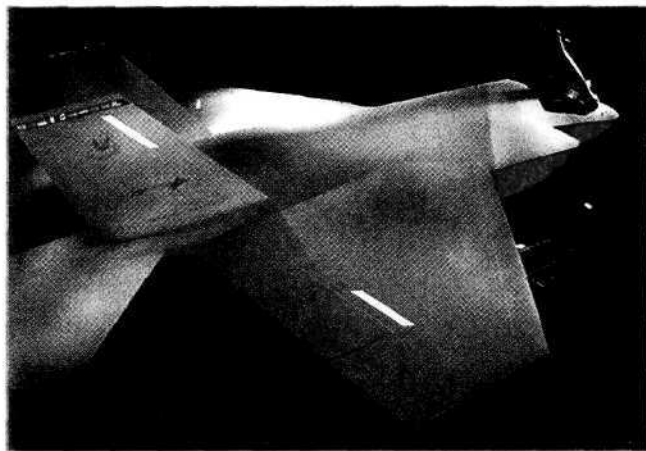
крыла, ранее обрезанную в целях экономии массы. В результате СУВВП и самолет наземного базирования получили крыло площадью 42,7 м<sup>2</sup> вместо 38,3 м<sup>2</sup> при размахе 10,7 м. Площадь крыла палубного варианта возросла с 55,7 до 57,6 м<sup>2</sup> при размахе 13,1 м. В сложенном виде габаритный размер крыла уменьшается до 9,13 м. На этом этапе ВМС Великобритании сняли ранее выдвигавшееся требование об установке складного крыла на СУВВП.

В конце 2000 г. фирма «Локхид-Мартин» закончила формирование окончательного облика серийного самолета – итерацию 235, – полностью соответствующего окончательной редакции ТТТ. Эта итерация, в частности, предусматривает облегчение конструкции самолета на 227 кг, с тем чтобы привести массу оружия при возвращении на авианосец в соответствие с ТТТ. Облегчение достигается, в частности, за счет конструкции створок грузоотсеков и ниш шасси. Фонарь кабины будет беспереплетным, усиленной конструкции, рассчитанным на то, чтобы выдерживать столкновение с птицей массой 2,27 кг.

Основная работа по облегчению конструкции никоим образом не затрагивает внешнюю конфигурацию самолета. Она касается таких элементов конструкции, как приводы, электрический генератор и пр. Значительную массу удалось сэкономить благодаря облагораживанию форм силовых элементов конструкции, а также на уточнении требований к узлам и агрегатам, целиком поставляемым субподрядчиками. Последний фактор также положительно



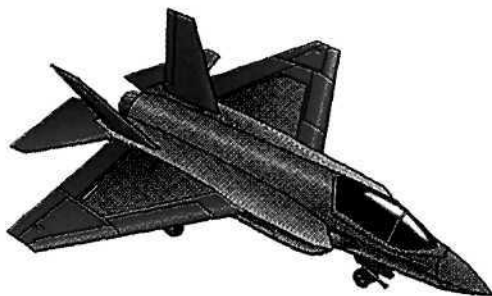
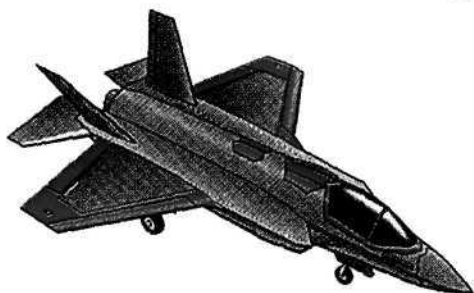
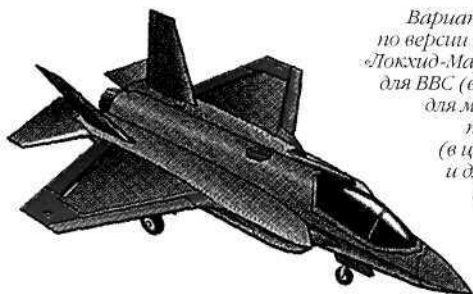
влияет на стоимость самолета. В результате самолеты X-35 лишь незначительно разнятся с серийными самолетами по размерам и массе. Фирма «Локхид-Мартин» нашла возможным осуществить принцип «самолет будет летать прежде, чем его купят», прежде всего чтобы доказать и показать, что новое изделие в реальности способно на то, для чего его создавали, эмпирическим путем подтвердив результаты компьютерного моделирования и расчетов. Например, ВМС США не склонны доверять теоретическим выкладкам и предпочитают ознакомиться с новым самолетом «вживую». Для этого прототипы-демонстраторы созданы с соблюдением не только всех характеристик, но и почти всех физических размерений



*Выставочный макет самолета JSF фирмы «Локхид-Мартин»*



Варианты JSF  
по версии фирмы  
«Локхид-Мартин»:  
для ВВС (вверху),  
для морской  
пехоты  
(в центре)  
и для ВМС  
(внизу)







серийного самолета. В частности, самолет – демонстратор наземного базирования будет способен совершать установившиеся виражи со скоростью 740 км/ч и перегрузкой 6 g (для серийного самолета при той же скорости перегрузка составляет 6,2 g), дальность полета при расходе 1 фунта топлива составляет для прототипа 0,22 км, а для серийного самолета – 0,25 км, время разгона от  $M = 0,8$  до  $M = 1,2$  на высоте 13 630 м составляет для обоих вариантов 41 с.

Первый самолет-демонстратор с горизонтальным взлетом и посадкой после отработки программы испытаний будет модифицирован в СУВВП, который должен будет взлетать с разбегом 204 м и садиться вертикально при массе 16 070 кг, что всего на 550 кг меньше, чем максимально возможная масса при висении для серийного самолета. Второй самолет-демонстратор, X-35C, должен будет продемонстрировать возможность захода на посадку с углом атаки до  $11,2^\circ$  в диапазоне скоростей от 252 до 263 км/ч, согласно требованиям ВМС США. ●

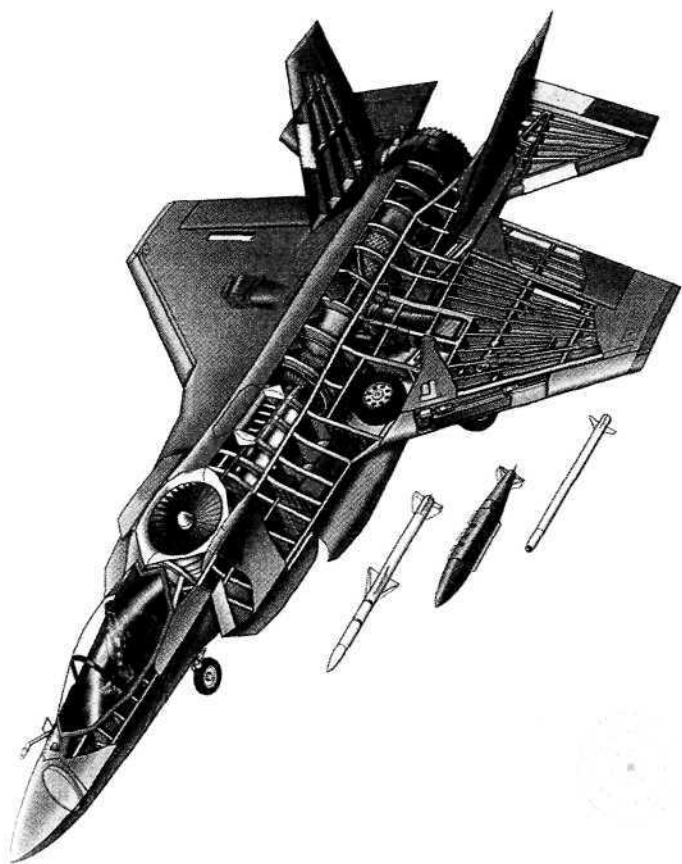
Вся программа летных испытаний самолетов-демонстраторов является неотъемлемой частью программы сокращения технического риска, предусмотренной последней редакцией объединенных ТТТ и обязательной для выполнения до внедрения самолета в серийное производство. В ходе НИОКР были выделены 17 участков разработки с максимальной долей технического риска, из которых система создания подъемной тяги для СУВВП является наиболее рискованной.



Еще одним участком работ с высокой степенью риска является разработка датчиков для самолета, а также системы получения боевой и тактической информации от внешних источников. К работам по этой теме с февраля 2000 г. привлекается ЛЛ, созданная на базе самолета ВАС 111 фирмой «Нортроп-Грумман». На ЛЛ, в частности, отрабатывается взаимодействие бортового комплекса самолета в среде, максимально приближенной к реальности, т. е. в режиме, который не может быть смоделирован в лабораторных условиях.

В частности, на ЛЛ установлена БРЛС AESA с синтезированной апертурой и режимом ведения РЭБ, представляющая собой новое поколение радиолокаторов с полностью электронным сканированием и при этом отличающаяся сравнительно низкой стоимостью. Предполагалось, что AESA будет в половину легче и дешевле БРЛС с сопоставимыми возможностями и механическим сканированием. Кроме того, в архитектуре бортового комплекса имеются ИК датчики с распределенной апертурой, разработанные совместно фирмами «Локхид-Мартин» и «Нортроп-Грумман», а также интегрированный наплемный дисплей – прицел фирмы «Кайзер»/VSI.

Основной новинкой, примененной в конструкции БЮРЛС, являются приемопередающие элементы на арсениде галлия, имеющие более широкий частотный диапазон при работе в режиме РЭБ. Основной технологической проблемой явилась автоматизация серийного производства этих элементов для того, чтобы снизить их стоимость.



Компоновочная схема СВВП JSF по версии фирмы «Локхид-Мартин»



На заводе в г. Форт-Уэрт фирма «Локхид-Мартин» соорудила стенд для отработки интеграции системы датчиков. Главным элементом стенда является макет самолета JSF в натуральную величину, расположенный на вершине 12-метровой колонны. Макет может разворачиваться под разными углами к горизонту. На нем установлен полный комплект датчиков, присоединенный к коммерческой компьютерной системе обработки данных, результаты работы которой выдаются на дисплеи в расположенный отдельно имитатор кабины самолета. Стенд используется для испытаний отдельных подсистем и для проверки общей интеграции всех систем. В ходе серийного производства на этом стенде будут отрабатываться все новые системные решения перед их внедрением на реальный самолет.

В программе JSF фирмы «Локхид-Мартин» также используются два летающих стенда – самолеты F-16 и S-3, на которых отрабатывается оклейка полимерной радиопоглощающей пленкой 3М вместо покраски. Использование подобной «обойной» технологии в течение жизненного цикла самолета позволит сэкономить более 300 кг краски.

В числе новых разработок, внедренных фирмой «Локхид-Мартин» на новом самолете, есть электрогидростатические приводы, запитываемые от электрической системы. В результате отпадает нужда в централизованной гидравлической системе, а приводы приводятся в действие от управляющего электрического сигнала. Для испытаний этих приводов, а



также для отработки прогностической системы мониторинга технического состояния ЛА используется ЛЛ F-16 AFTI.

На самолете F-16 также отработывалась конструкция нерегулируемого воздухозаборника на скоростях до числа  $M = 2$ . В канале заборника ЛЛ вместо управляемого отсекающего пограничного слоя на входе в двигатель была установлена стационарная конструкция, смоделированная на компьютере и предназначенная для той же цели. Канал воздухозаборника JSF формируется из КМ зацело, без крепежа.



*Приборная доска самолета JSF по версии фирмы «Локхид-Мартин»*

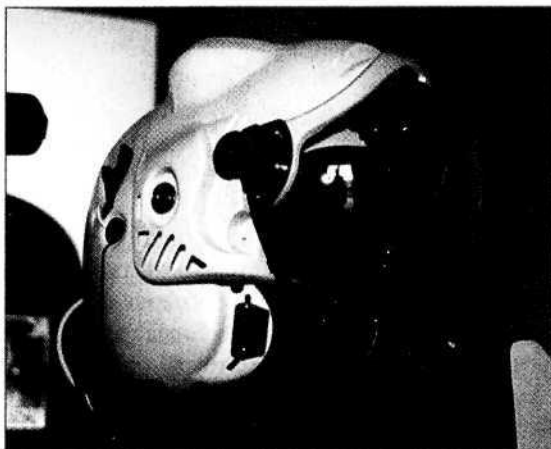
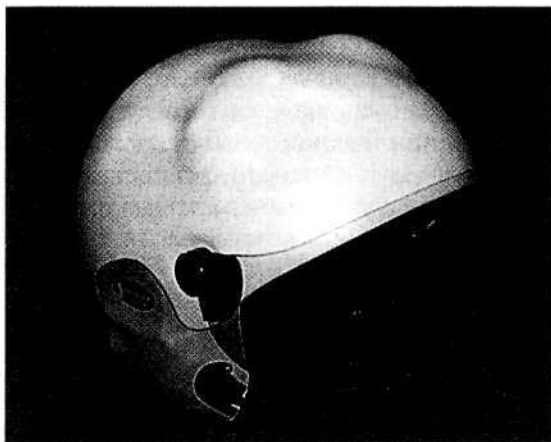


К планеру самолета канал заборника монтируется с помощью фланцевых соединений, «вживляемых» в его конструкцию. Если бы канал заборника производился по уже отработанной технологии, применяемой на самолетах F-22 или F/A-18, в его конструкции присутствовало бы более 22 000 единиц различного крепежа. Для сравнения: на опытном истребителе пятого поколения YF-23 система отсекаания пограничного слоя состояла из 500 деталей!

В отличие от «Боинга», «Локхид-Мартин» не ставит перед собой задачи отработать технологии серийного производства на опытных самолетах. Вместо этого инженеры-разработчики стремятся максимально упростить конструкцию ЛА.

По мнению технологов, общность конструкции трех вариантов самолета заключается в применении ко всем трем одним и тех же технологических процессов сборки, что особенно важно для палубного варианта, имеющего наименьший коэффициент общности с двумя другими. В частности, на палубном варианте будут устанавливаться более мощные шпангоуты; за кабиной, на месте, высвобожденном от подъемного вентилятора, у палубного варианта предусматривается мощный силовой шпангоут для того, чтобы воспринимать значительные ударные нагрузки на планер при посадке на палубу.

При конструировании планера большое внимание было уделено созданию больших композитных панелей обшивки, сопрягаемых с минимальными зазорами. Сопряжение осуществляется с использо-



Варианты шлемов с встроенными индикаторами на защитном стекле, создаваемых для летчиков самолета JSF



ванием компьютерной системы CATIA, разработанной и впервые примененной в ходе программы истребителя F-22. В результате самолет имеет гораздо меньше швов, а толщина швов гораздо меньше, чем при применении традиционных технологий.

Демонтаж большой панели дает прекрасный доступ к агрегатам внутри планера, кроме того, снижается радиолокационная заметность ЛА. В швах стыков панелей практически отсутствуют ступеньки.

Конструктивно самолет при сборке состоит из четырех базовых блоков. Силовая часть крыла, а также носовая часть фюзеляжа с кабиной будут изготавливаться фирмой «Локхид-Мартин». Передние и задние кромки крыла и ГО будут изготавливаться заводом в г. Палмдэйл, центральная часть фюзеляжа и вертикальное оперение – концерном BAe.

Сборочные узлы будут поставляться на линию окончательной сборки, уже «нашпигованные» подсистемами. Окончательная сборка самолетов, несмотря на свою протяженность во времени (пять месяцев), будет достаточно простым делом. В настоящее время дебатировался вопрос о создании второй и даже третьей сборочной линии, но решение данного вопроса будет зависеть от объема дальнейшего финансирования программы. Планируемый темп выпуска на одной линии составит 17 самолетов в месяц, в случае необходимости его можно будет увеличить до 20 самолетов в месяц. Этот график соответствует современным планам ВВС, ВМС и КМП США, а также ВВС и ВМС Великобритании о заказе 3000





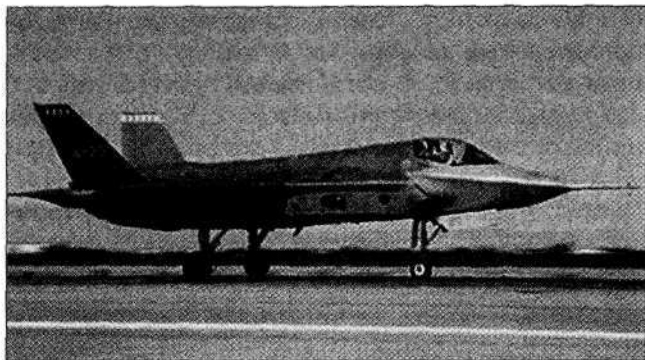
самолетов данного типа. В случае поступления дополнительных экспортных заказов будет рассматриваться вопрос об организации дополнительных сборочных мощностей, в частности на калифорнийских заводах фирмы или в Англии.

Доля участия в программе JSF фирмы «Нортроп-Грумман» составляет 17%. В том числе «Нортроп-



*Самолет X-35 на рулежке*

Грумман» поставляет около 35% объема бортового программного обеспечения, а также приводы створок грузоотсеков, противопожарную систему, а также имеет долю в работах по снижению заметности, интеграции и обслуживанию бортового комплекса, системам связи, навигации и опознавания, а также в



Самолет X-35 на стоянке

системе подготовки летчиков. Первоначальная доля этой фирмы была равна 10% и в настоящее время имеет тенденцию к дальнейшему росту.

Доля участия британского концерна BAe составляет 13% и включает в себя разработку топливной системы, системы спасения летчика, а также работы по интеграции систем и организации процесса летных испытаний. BAe работает в тесной кооперации с отделением систем управления фирмы «Локхид-Мартин» по созданию компьютеризованной системы контроля и регистрации ЛА, а также с отделением «Локхид-Мартин Аэроспейс Электроникс» и фирмой «Литтон» по совершенствованию системы РЭБ.

Всего в команду, возглавляемую фирмой «Локхид-Мартин», входит несколько десятков субподрядчиков, разбросанных по 20 штатам США, Канаде, Великобритании и Голландии. Все субподрядчики



разбиты на несколько групп, которые возглавляют крупные фирмы или филиалы, такие, как «Локхид-Мартин Сканк Уоркс», «Нортроп-Грумман» и ВАе, которым подчиняются более мелкие субподрядчики, проектировщики и поставщики сырья.

Во второй группе, окончательно сформированной в ноябре 2000 г., представлено более 40 компаний. Основной задачей группы являются меры по снижению стоимости систем самолета. В частности, за шасси отвечает фирма «BF Гудрич». Интересно, что многие субподрядчики участвуют в программах JSF как у «Боинга», так и у «Локхид-Мартин». Это, в частности, касается фирмы «BF Гудрич», которая занята в проектировании топливной системы для JSF фирмы «Боинг».

Снижение стоимости программы достигается также путем выбора единого поставщика сырья для всех субподрядчиков, которые в нем нуждаются. В частности, титан поставляется фирмой «Тайтэниум Сервис», контракт с которой подразумевает приоритетное обслуживание фирм «Локхид-Мартин», ВАе и других задействованных в программе, у которых есть нужда в этом сырье.

Еще одной мерой по снижению стоимости программы являются адресные инициативы. В частности, по оценкам МО США, 65% стоимости жизненного цикла самолета составляет стоимость его обслуживания. Применительно к программе JSF эта сумма, по калькуляциям специалистов МО, должна составить 205 млрд долл. за 30 лет. При объеме производства JSF



фирмы «Локхид-Мартин» в 3000 самолетов и при применении зарекомендовавшей себя системы полной ответственности обслуживание самолетов на промежуточном уровне вообще исключается, в обязанности техников входят лишь простые операции поблочной замены элементов. Все более сложные операции выполняет фирма-изготовитель.

Вариант СУВВП экспериментального истребителя «Локхид-Мартин» Х-35В начал программу испытаний силовой установки на режиме создания вертикальной тяги в конце февраля 2001 г. Газовки осуществлялись на привязи, причем самолет устанавливался на специальной стальной решетчатой крышке над газовочной ямой – прямоугольным углублением, снабженным системой воздухопроводов, способствующих свободному выводу реактивных струй силовой установки. Газовочная яма была создана для того, чтобы избежать влияния земли при газовках на привязи. Во время испытаний самолетом управлял английский летчик Саймон Харгривз с фирмы «BAe Системз».

Ранее силовая установка самолета, состоящая из двигателя JSF119-611, системы струйных рулей, вертикального вентилятора и приводного вала вентилятора, была успешно испытана на стенде.

12 мая 2001 г. на заводе в г. Палмдэйл, штат Калифорния, команда технического персонала программы JSF фирмы «Локхид-Мартин» закончила монтаж подъемного вентилятора, поворотного сопла маршевого двигателя и прочего оборудования для обес-



*X-35A. Заход на посадку*

печения работы силовой установки на режимах вертикальной тяги. Незадолго до этого приводной вал и подъемный вентилятор успешно прошли очередные испытания на максимальную продолжительность работы и показали себя полностью надежными.

С 24 мая по начало июня 2001 г. самолет X-35B под управлением британского летчика-испытателя фирмы «BAe Системз» Саймона Харгривза закончил программу наземных газовок и взлетов на привязи в режиме вертикальной тяги и был подготовлен к началу летных испытаний в режиме укороченного взлета и вертикальной посадки. Отчет о проделанной работе был направлен в правительственный офис программы JSF. Представители BBC, ВМС и Корпуса морской пехоты США встретились с командой проектировщиков X-35 и обменялись мнениями



о результатах проделанной работы и летных испытаний.

Летные испытания самолета X-35B начались 23 июня серией вертикальных взлетов и посадок. Основным летчиком-испытателем является С. Харгривз, имеющий большой налет на СВВП «Харриер». Главным принципом, заложенным фирмой «Локхид-Мартин» в программу испытаний прототипов нового истребителя, является максимально возможное соответствие опытных и серийных самолетов. По мнению представителя фирмы, реализация этого принципа помогает не только сэкономить значительные суммы денег на аппроксимации данных прототипа на серийный самолет, но и избежать многих неприятностей при переходе к серийному производству.



*X-35 на посадочной глиссаде*



Силовая установка СУВВП показала себя весьма надежной и обладающей значительными резервами тяги, даже в условиях жары и высокогорья. Самолет готов к переходу на горизонтальный режим полета и выходу на сверхзвук. Устойчивость и управляемость на режиме вертикальной тяги, по отзывам Харгривза, были очень хорошие.

В 6.30 24 июня X-35B совершил вертикальный взлет, на 35 секунд перешел в режим устоявшегося висения на высоте около 8 м, а затем совершил вертикальную посадку. Харгривз отзывался о характеристиках устойчивости самолета так: «Я ощущал себя скорее не летчиком, а пассажиром». Двигатель JSF-119-611 показал прекрасную точность управления и приемистость.

29 июня майор авиации Корпуса морской пехоты США Арт Томассетти совершил на X-35B вертикальный взлет, висение и посадку. Ранее Томассетти уже ознакомился в полете с самолетами X-35 модификаций А и С. 2 июля к «Клубу летчиков X-35B» присоединился командир эскадрильи Джастин Пэйнс из британских ВВС, строевой летчик, имеющий большой опыт полетов на СВВП «Харриер».

Следующим этапом испытаний стали переходы на режим устоявшегося висения, переходы от режима вертикальной тяги к крейсерскому режиму и обратно, серии укороченных взлетов и вертикальных посадок. Испытания были продолжены сначала на базе Эдвардс, а затем – в Центре боевого применения авиации ВМС в Патуксент-Ривер.



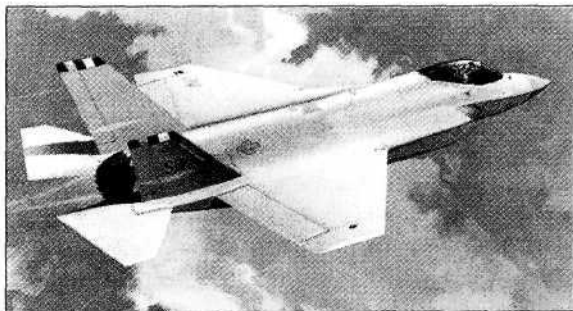
## ПРОГРАММЫ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ САМОЛЕТОВ JSF

Несмотря на то что истребитель УВВП JSF, создаваемый фирмой «Боинг», имеет устройства непосредственного управления вектором тяги, в то время как самолет фирмы «Локхид-Мартин» оснащен подъемным вентилятором, приводимым механически от турбокомпрессора двигателя, силовые установки обоих ЛА имеют в своей основе один и тот же ТРДДФ F-119, изначально созданный для истребителя пятого поколения F-22А «Рэптор». F-119 имеет тягу на полном форсаже 18 160 кгс и около 11 8000 кгс на крейсерском режиме, являясь одним из самых мощных турбореактивных двигателей в мире.

Основным требованием при его создании было обеспечение возможности крейсерского сверхзвукового режима. Двигатель имеет низкую степень двухконтурности, около 0,2, переразмеренный компрессор с интегрированными дисками ступеней и широкими монокристаллическими лопатками вентилятора и компрессора низкого давления. Двигатель двухвальный, с валами противоположного вращения для нейтрализации гироскопических моментов.

В отличие от F-22А, JSF является одновигательной машиной и нуждается в двигательной установке с гораздо более высокой удельной тягой. Кроме того, вариант двигателя с непосредственным управлением вектором тяги для истребителя фирмы «Боинг», названный JSF 119-614, нуждался в еще большем значении





*Самолет JSF фирмы «Локхид-Мартин» в полете*

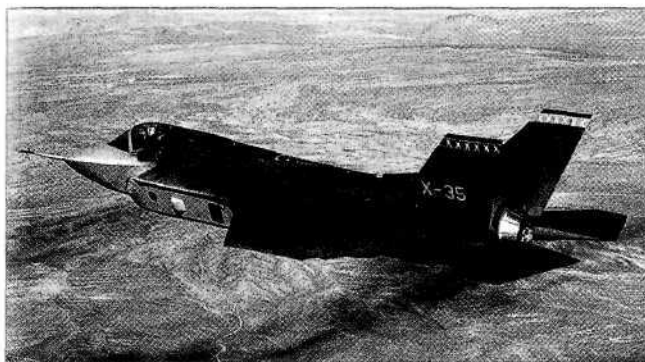
удельной тяги, чем двигатель для СУВВП фирмы «Локхид-Мартин». Таким образом, двигатель модели 614 является наиболее мощным американским ТРДДФ, развивая полную форсажную тягу 22 700 кгс и крейсерскую – 19 000 кгс. Основными его отличиями от базовой модели являются увеличенный вентилятор диаметром 1,14 м и двухступенчатая турбина низкого давления вместо одноступенчатой. Прежними остались шестиступенчатый компрессор высокого давления (КВД) и одноступенчатая турбина высокого давления (ТВД). Переразмеренный трехступенчатый вентилятор обеспечивает двигателю повышенную степень двухконтурности, крайне необходимую для создания вертикальной тяги на режимах УВВП.

На этих режимах маршевое плоское сопло с системой УВТ полностью перекрывается, а в брюхе фюзеляжа открываются створки, выполняющие также роль дефлекторов реактивной струи. За этими створками находятся два подъемных сопла. Через



две открывающиеся щели, расположенные перед подъемными соплами, истекают параллельные струи воздуха, отбираемого из компрессора, образуя «струйный экран». Воздух из компрессора подается также в струйные рули для управления самолетом на околонулевых скоростях и на висении. «Струйный экран» служит в первую очередь для недопущения засасывания в воздухозаборник горячих выхлопных газов двигателя, создавая завесу из холодного воздуха между заборником и подъемными соплами. Это становится особенно важным при работе двигателя в режиме вертикальной тяги вблизи экранирующей поверхности. Система «струйного экрана» была разработана инженерами фирмы «Пратт-Уитни» на заводе в г. Вест Палм Бич. Эффективность этой меры была визуальна наблюдаема во время работы двигателя в режиме вертикальной тяги на открытом стенде во время дождя. Капли визуализировали воздушную завесу, создаваемую «струйным экраном».

Единственной проблемой во время разработки новой модификации двигателя стало плоское маршевое сопло, которое сначала не пожелало закрываться герметично. В то же время даже несколько лишних килограммов горизонтальной тяги на режиме висения могли создать огромные проблемы с управляемостью. Сопло шириной 0,96 м обеспечивает УВТ в пределах  $\pm 20^\circ$  в маршевом режиме, его верхняя и нижняя створки поворачиваются на общей внешней оси, закрывающейся гибким кожаном. Ос-

*X-35A в полете*

новные сомнения в работоспособности плоского сопла касались форсажного режима, но после стендовых испытаний оно показало стопроцентную надежность на этом режиме. Задержка между моментом закрытия маршевого сопла и открыванием подъемных сопел первоначально составляла 3 с, а впоследствии была доведена до 1 с. Наиболее ответственная часть стендовых испытаний была посвящена стабильности работы вентилятора и определению границ помпажных режимов, а также работе двигателя на переходном режиме от вертикальной к горизонтальной тяге и наоборот. Совместная работа многочисленных перепускных клапанов двигателя, сопел, струйных и аэродинамических рулей обеспечивается бортовым компьютером интегрированной системы управления самолетом и двигателем. На работе двигателя абсолютно не сказывает-



ся, какие сопла работают в тот или иной момент времени.

Подъемные сопла расположены в районе центра масс самолета и имеют диапазон отклонения от вертикали  $45^\circ$  назад и  $15^\circ$  вперед. При их проектировании основное внимание уделялось отстройке от помпажных режимов, особенно при изменении угла поворота сопел, а также при резком открывании клапанов перепуска воздуха, вызывающем скачок давления в тракте двигателя. На практике такие проблемы не возникли.

На режиме висения двигатель создает тягу порядка 16 100 кгс, из которых более  $2/3$  приходится на подъемные сопла, а остальное уходит на создание «струйного экрана» и на работу струйных рулей. Большая часть узлов и агрегатов подъемной системы, в т. ч. подъемные сопла и система струйного управления, созданы фирмой «Роллс-Ройс».

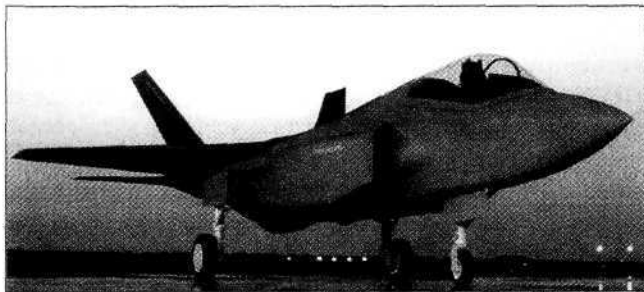
Агрегаты УВТ расположены далеко от турбины двигателя, что делает их тепловой режим значительно менее напряженным. Большая длина выхлопной трубы двигателя вызывала у скептиков сомнения в стабильности работы форсажной камеры, но хорошая расчетная база и стендовые испытания показали жизнеспособность конструкции. Стенки форсажной камеры имеют хорошее охлаждение воздухом из второго контура.

Для обеспечения стабильности потока на входе в двигатель во всем диапазоне скоростей фирмы «Пратт-Уитни» и «Боинг» спроектировали для СУВВП оригинальный воздухозаборник с отъезжающей вперед обечайкой, открывающей на режимах

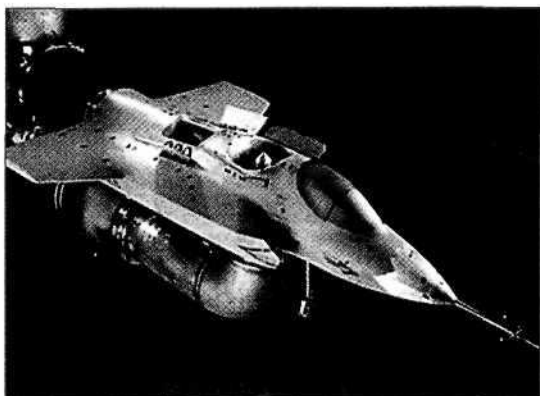


вертикальной тяги доступ в двигатель дополнительных масс воздуха. О конструкции этого заборника было рассказано выше. Кроме того, на входе в двигатель в канале заборника установлены неподвижные спрямители потока. В дальнейшем форму канала заборника планируется оптимизировать и избавиться от спрямителей, сэкономив массу и средства. Экспериментальные исследования по оптимизации канала воздухозаборника и минимизации потерь давления в нем проводились в НИЦ им. Арнольда в г. Туллахома (штат Теннесси).

Двигатель модели JSF119-611, созданный для самолета JSF фирмы «Локхид-Мартин», также имеет переразмеренный компрессор диаметром 1,04 м и более мощную ТНД. Эти меры, разумеется, увеличивают тягу двигателя и его коэффициент двухконтурности, но основная цель, которую ставили разработчики в данном случае, была обеспечить привод подъемного вентилятора. Эта концепция создания



*Стояночное фото самолета «Локхид-Мартин» X-35А*



*Натурный стенд для испытаний силовой установки СУВВП X-35B*

вертикальной тяги с одновременным уменьшением скорости истекающей струи была разработана еще в рамках программы CALF. Одним из главных преимуществ подъемного вентилятора является сглаживание скачка характеристик при переходе от режимов вертикальной тяги к горизонтальному полету.

Система создания вертикальной тяги, согласно концепции фирмы «Локхид-Мартин», состоит из ПМД с поворотным подъемно-маршевым соплом и подъемного вентилятора, расположенного в носовой части самолета и приводимого посредством длинного вала от турбокомпрессора ПМД. Разобщи́тельная муфта для отключения вентилятора расположена рядом с его каналом, а вал имеет в точках крепления гибкие переходники для того, чтобы компенсировать несоосность, если она возникнет при сборке или в



ходе эксплуатации. Система «ПМД – вал – вентилятор» организована таким образом, что располагаемая тяга автоматически распределяется между вентилятором и ПМД, в результате чего ЛА находится в состоянии равновесия. Это достигается посредством регулирования проходного сечения сопла ПМД: когда сечение увеличивается, противодавление, действующее на турбину, падает, в результате ТНД, от которой приводится подъемный вентилятор, загружается, а мощность, приходящая на вентилятор, возрастает. Максимальное значение приводной мощности вентилятора составляет 27–28 тыс. л. с. из 70–80 тыс. л. с., вырабатываемых турбокомпрессором низкого давления. Вентилятор приводится через редуктор с коэффициентом редукции 1,5. Сам вентилятор диаметром 1,27 м имеет две противовращающиеся ступени с широкими лопатками. Его целиком проектировала фирма «Роллс-Ройс». Расход воздуха через вентилятор достигает 227 кг/с, максимальная тяга – 8170 кгс, степень повышения давления – чуть более 2. Применение вентилятора увеличивает суммарную тягу силовой установки на 45%. Струя холодного воздуха от вентилятора защищает воздухозаборники самолета от попадания в них раскаленных выхлопных газов.

При тяге ПМД на вертикальных режимах в 8100–8200 кгс и отборе части воздуха высокого давления от компрессора ПМД для привода боковых струйных рулей, расположенных в крыле, суммарная тяга двигательной установки на стенде составляет 17 500 кгс. Для реальных условий это значение будет



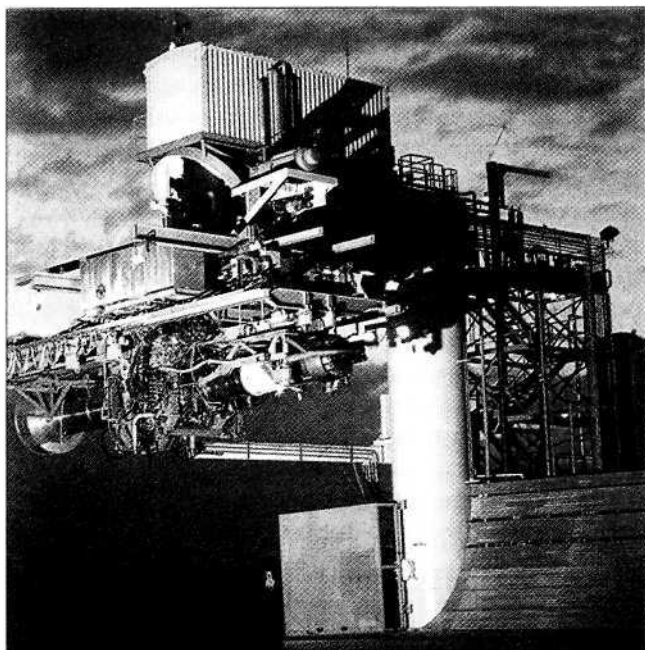
ниже, около 16 800 кгс. Этого будет достаточно для выполнения укороченного взлета и вертикальной посадки.

В районе турбины на двигателе для СУВВП имеются клапаны перепуска выхлопных газов для того, чтобы обеспечить однородность потока на выходе из турбины при режимах вертикальной тяги. Это связано с разворотом сопла двигателя на режимах УВВП перпендикулярно к его оси и образованием скоса потока на колесе ТНД. Работа всех клапанов перепуска, а также синхронизация разворота колец жаровой трубы ПМД для управления вектором тяги на всех режимах работы контролируются дублированной цифровой системой управления двигателем с полной ответственностью (FADEC).

На режимах УВВП двигатель нуждается в повышенном расходе воздуха. Для обеспечения дополнительного подвода воздуха на верхней и нижней поверхностях фюзеляжа имеются открывающиеся дополнительные воздухозаборники. Открывание их створок, а также створок в хвостовой части самолета, обеспечивающих разворот сопла вниз, происходит по командам от системы управления самолетом. Сопло подъемного вентилятора закрыто на самолете-демонстраторе выпуклой обечайкой с множеством щелей. На серийном самолете сопло будет оформлено по-другому.

Основные проблемы подстерегали разработчиков этой уникальной подъемно-маршевой системы на этапе проектирования привода вентилятора и ра-



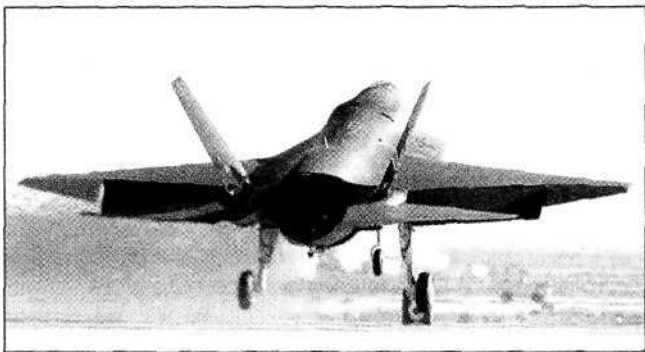


*Наземный испытательный комплекс фирмы «Локхид-Мартин»*

зобщительной муфты. После начала испытаний обоих вариантов двигателя для СУВВП в ноябре 1998 г. на ТРДДФ модели 611 сразу же начали отмечать высокий уровень вибраций приводного вала вентилятора. В начале следующего года вал был перебалансирован на фирме «Роллс-Ройс», а его опоры усилены, но далее возникли проблемы с системой смазки опорных подшипников. На них не было



защитных кожных, и в систему смазки беспрепятственно проникал воздух. Дело кончилось поломкой одного из подшипников. В результате на подшипники надели резиновые защитные кожухи, была также усовершенствована система сборки отработанной смазки. С того времени фирма «Пратт-Уитни» добилась в программе двигателя модели 611 больших успехов, в частности было выполнено требование фирмы «Локхид-Мартин» по времени перехода от режима СУВВП к горизонтальному полету в 5 с. Здесь главная тонкость заключалась в создании кинематики поворотного сопла. Фирма «Роллс-Ройс» взялась за эту работу «от нуля» (хотя подобная кинематика уже давно была разработана для ПМД СВВП Як-141, продана в США и подробно изучена американцами и англичанами. – *Прим. авт.*). В результате было спроектировано трехсегментное поворотное



Посадка X-35A. Обратите внимание на отсутствие на крыле элеронов



сопло с угловой скоростью поворота до  $60^\circ/\text{с}$ , разворачивающее вектор тяги ПМД на угол от 0 до  $105^\circ$  ( $15^\circ$  от вертикали). Конструкция был настолько успешна, что уже после 10-часовых испытаний на стенде двигатель «гоняли» на полном форсаже с полностью развернутым соплом. Никаких проблем в ходе длительных стендовых испытаний с поворотным соплом не возникло. В настоящее время на модели 611 проводятся работы по снижению массы конструкции и окончательной доводке.

После того как в сентябре 2000 г. конструкция силовой установки для СУВВП фирмы «Локхид-Мартин» была окончательно «заморожена», фирма «Пратт-Уитни» после более чем 600 часов стендовых испытаний, в том числе шести недель – в окончательной конфигурации, с изменениями, внесенными в конструкцию, в январе 2001 г. передала ее фирме «Локхид-Мартин».

В начале января 2001 г. на заводе фирмы «Локхид-Мартин» на самолет-демонстратор X-35B был установлен опытный образец подъемного вентилятора. Летные испытания этого варианта начались в середине 2001 г.

После этого фирма планирует начать испытания зафиксированного ЛА на установке «Яма для висения», представляющей собой инерциальный подвес, сооруженный над специально спроектированным, хорошо вентилируемым углублением, обеспечивающим чистоту эксперимента при работе силовой установки на режиме висения. Установка сооружена



на заводе в г. Палмдэйл. На подвесе будет возможен замер сил и моментов, возникающих при изменении режимов работы силовой установки и работе механизации. Программа испытаний на подвесе рассчитана на шесть недель.

Квалификационные испытания силовой установки отдельно от ЛА, которые будут проведены на заводе фирмы «Пратт-Уитни» в г. Вест Палм Бич (штат Флорида) в марте 2000 г., имеют основной целью демонстрацию заказчику фактической готовности силовой установки JSF-119-611 в сочетании с приводом вентилятора и самим вентилятором к летным испытаниям. ●

По результатам этих испытаний представители фирмы «Локхид-Мартин» и МО США независимо друг от друга определяют, готова ли силовая установка к летным испытаниям.

В случае успеха всех этих испытаний самолет X-35B, представляющий собой планер X-35A с установленной на нем силовой установкой, характерной для СУВВП, совершит свой первый полет в середине весны.

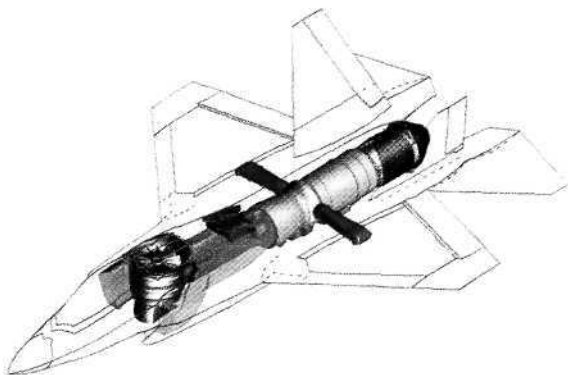
Вариант двигателя для самолета с горизонтальным взлетом и посадкой будет отличаться облегченной ТНД, что объясняется отсутствием необходимости приводить в действие подъемный вентилятор.

При переходе к серийному производству фирма «Пратт-Уитни», назначенная МО США ответственным подрядчиком по интеграции двигательной установки, заключит долгосрочные договоры с субподрядчиками, создав свою собственную команду. В результате налаживание крепких связей между

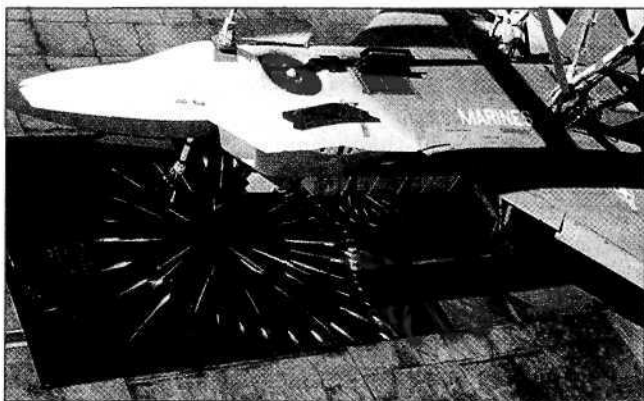


фирмами позволит максимально упростить процесс поставок комплектующих, узлов и агрегатов. В число субподрядчиков входят британский концерн BAe и несколько голландских фирм, в т. ч. «Фоккер Эльмо» и «Интертурбин». Техническая поддержка нового двигателя в Европе будет осуществляться голландской авиакомпанией KLM. К проекту будут также привлечены другие известные европейские авиадвигательные компании, такие, как «Фиат» и «Вольво Флугмотор», и ряд канадских фирм.

Нужно отметить, что фирма «Дженерал Электрик», в свое время проигравшая конкурс на создание двигателя для истребителя ATF, по контракту с главным офисом программы JSF с 1996 г. разрабатывает альтернативную силовую установку для самолетов JSF на базе ТРДДФ F120. В проекте также участвуют фирма «Аллисон» и ряд иностранных компаний, в



*Компоновка самолета УВВП X-35B*



*Испытания шасси X-35*

частности «Роллс-Ройс» и «Филиппс Машинифабрикен», последняя – во главе консорциума из нескольких голландских, датских и норвежских фирм. Фирма «Аллисон», в частности, ответственна за разработку нового многоступенчатого компрессора, камеры сгорания и коробки приводов. «Роллс-Ройс» занимается созданием трехступенчатого вентилятора повышенной производительности.

Готовность к стендовым испытаниям нового варианта двигателя F120, получившего индекс JSF-F120, будет ориентировочно достигнута в декабре 2003 г. К осени 2000 г. основные элементы тракта нового двигателя – компрессор, вентилятор, камера сгорания, – турбины высокого и низкого давления, а также камера сгорания, уже прошли стендовые испытания. С фирмой «Дженерал Электрик» уже заключен контракт



стоимостью 115 млн долл. на продолжение работы по этой теме, а после завершения этой стадии работа будет продолжена далее в рамках следующего контракта стоимостью 325 млн долл., рассчитанного до 2004 г. Первые двигатели JSF-F120 будут установлены на самолеты JSF седьмой серии в 2011 г.

Новая модификация двигателя F120, в отличие от той, которая должна была устанавливаться на истребителе ATF, не является ТРДДФ с переменным циклом, но процент преемственности достаточно велик, в частности, новый двигатель унаследовал перемеренную камеру сгорания, с помощью которой экспериментальный истребитель YF-23 был разогнан до очень высокой сверхзвуковой скорости на бесфорсажном режиме, причем ее точное значение до сих пор не раскрыто.

Несмотря на финансирование программы альтернативного двигателя, представители фирмы «Пратт-Уитни» выражают уверенность в том, что они в течение всей программы JSF не утратят в ней лидерства. Эта уверенность базируется в первую очередь на высочайшей степени интеграции планера и силовой установки, созданных в рамках единого технического задания, а также на уже имеющейся в наличии системе диагностики, технической поддержки и ремонта силовой установки. В ходе уникальной программы стендовых испытаний вероятность безнадёжных отказов силовой установки для СУВВП была снижена на 80%, а для вариантов с горизонтальным взлетом – на 50%. Эти уникальные



показатели были достигнуты еще и благодаря дублированию электронной системы управления двигателем и всех датчиков, установленных в нем, в том числе и прогностических, позволяющих диагностировать наиболее нагруженные детали двигателя и прогнозировать их неисправности. С целью представить себе поведение частей и агрегатов двигателя в тот или иной момент службы была создана саморегулирующаяся математическая модель двигателя в реальном времени STORM, которая имитирует работу двигателя, фиксирует его основные параметры и периодически сравнивает их с реальными. В случае отказа обоих датчиков в любом из агрегатов тракта двигателя STORM начнет снабжать систему управления двигателя «своими» параметрами.

Имеется также электростатическая мониторинговая система, которая следит за химическим составом выхлопной струи двигателя и включает сигнал тревоги в случае обнаружения в выхлопных газах частиц металла. Наличие всех этих систем призвано на 94% сократить время поиска неисправностей и их устранения, в 2,25 раза увеличить период между профилактическими осмотрами и в половину сократить стоимость обслуживания силовой установки.

После поставки силовых установок для всех четырех самолетов-демонстраторов фирма «Пратт-Уитни» подготовилась к началу процесса их испытаний в полете, который будет особенно сложным в случае с СУВВП.

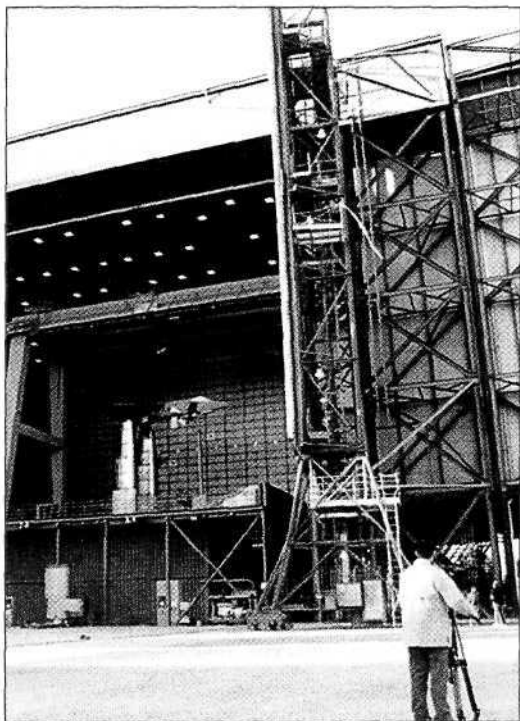
Уверенность в благополучном исходе летных испытаний подкрепляется прекрасными характери-





стиками ТРДДФ, продемонстрированными на стендах, в ходе газовок на которых ни на одной из силовых установок не было отмечено ни единого случая возникновения помпажа или срывных явлений.

Этот факт является уникальным в американской и мировой практике.



Испытательный стенд фирмы «Локхид-Мартин»



## КАБИННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И БРЭО САМОЛЕТА JSF

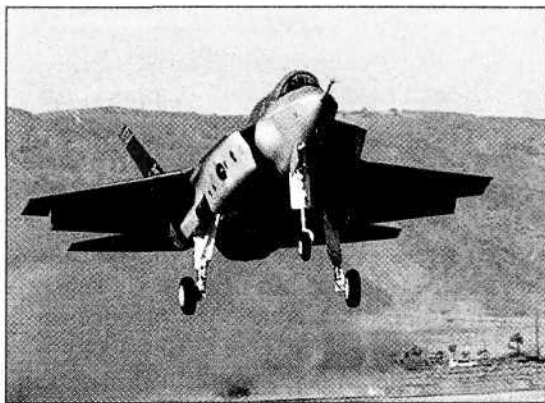
Каждое новое поколение реактивных истребителей несло с собой радикальные новшества в технологиях, связанных с аэродинамикой, двигательной установкой, составом БРЭО, вооружением. В последние два десятилетия прошлого века к этому списку добавилось снижение заметности ЛА. Усовершенствования касались также различных датчиков, в первую очередь радиолокационного облучения и инфракрасных, ставших со временем главными средствами обнаружения противника и наведения бортового оружия. Для того чтобы обмануть эти датчики и дать самолету возможность проникнуть невредимым сквозь совершенные барьеры вражеской ПВО, была разработана и применена технология «стэлс» – снижение заметности самолета в радиолокационном, инфракрасном и видимом диапазонах. Самолет F-22 является классическим примером применения технологии малой заметности во всех ее проявлениях, в то же время наследуя и даже улучшая боевые характеристики своего предшественника, первого истребителя четвертого поколения F-15.

В рамках программы JSF одной из основных целей ставится максимальное усовершенствование интерфейса «человек-машина»; увеличение предоставляемой летчику информации, поступающей как от бортовых, так и от внешних датчиков при одновременной ее обработке с тем, чтобы подать ее лет-



чику уже в переработанном, максимально удобном для восприятия виде, для того чтобы летчик смог иметь полное, трехмерное представление об окружающей тактической обстановке. Чем полнее данное представление, тем эффективнее боевая работа летчика, а также и коэффициент выживания самолета в воздушном бою.

Для решения этих задач обе фирмы, участвующие в конкурсе JSF, применяют мощные IBM-совместимые компьютеры в сочетании с наиболее совершенными программными алгоритмами. В результате перед летчиком на большом ситуационном дисплее с высокой степенью разрешения будет представлена наиболее полная тактическая картина в обработанном виде на каждом из этапов полета и выполнения



*Имитация захода на посадку на палубу авианосца самолета X-35A*



боевой задачи. Таким образом, впервые не улучшения в аэродинамике, а совершенное БРЭО будет являться залогом успеха JSF как боевого самолета.

Обе фирмы – участницы конкурса создали стенды: имитаторы кабин своих вариантов истребителя JSF. Стенд фирмы «Боинг» располагается в г. Арлингтон (штат Вирджиния), а фирмы «Локхид-Мартин» – в Форт-Уэрте, штат Техас. Оба стенда имеют большие экраны перед лобовым стеклом для имитации условий полета. Эти сооружения еще весьма далеки от финальной конфигурации, так как архитектура кабины будет еще совершенствоваться в течение нескольких лет.

Оба имитатора кабин весьма схожи друг с другом и имеют боковую ручку управления самолетом, размещенную на правой приборной консоли. Приборная доска занята в основном большими многофункциональными дисплеями (МФД): у «Боинга» на приборной панели их два, фирмы «Харрис», размером 250×200 мм, на ЖКИ с активной матрицей. Имеются также два небольших вспомогательных дисплея на краях приборной доски, на которых отображается состояние систем, сведения об остатке топлива, информация о связи, навигации и опознавании. Основные дисплеи имеют два режима управления: голосовой и кнопочный. 20 кнопок управления дисплеями расположены рядами по 10, сверху и снизу дисплеев. Каждый дисплей может выдавать как полноэкранную картинку, так и разделяться на четыре окошка. Обычно левый дисплей работает в четырех-



оконом режиме, отображая «сырую», необработанную информацию, приходящую от датчиков, БРЛС, а также наличие боевых подвесок. На правом дисплее отображается тактическая карта.

У «Локхид-Мартин» приборная доска выглядит еще более футуристично, на ней без зазора расположено два проекционных дисплея на ЖКИ фирмы «Кайзер», фактически составляющих один, размером 500×200 мм. При проектировании кабины разработчики пошли от противного, начав с абсолют-



*X-35A на наземном испытательном стенде*

но пустого пространства. Каждый прибор или переключатель должен был «доказать свою нужность» в кабине. Управление системами самолета и переключение режима работы дисплеев осуществляется с помощью операционной системы, схожей с Windows. В операционной системе имеется 13 страниц, каждая из которых предоставляет информацию о состоянии и работе той или иной системы



(топливной системы, силовой установки, системы связи, автопилота и т. д.). Иконки каждой из этих страниц расположены в полосе шириной 2,5 см под верхним срезом дисплея. Страницы разворачиваются по голосовым командам, от касания иконки пальцем или через кнппель управления курсором. В случае возникновения неисправности в какой-либо из систем ее страница разворачивается автоматически. Над нижним срезом дисплея расположены иконки различных режимов его работы, в т. ч. дисплей тактической информации, а также режимы отображения информации от той или иной группы датчиков.

Серьезной проблемой, возникшей у обеих фирм, стал большой разброс антропометрических данных



*Самолет X-35A совершает посадку*

летчиков, которые должны были с одинаковым комфортом размещаться в кабине. Фактически рабочее место летчика JSF должно соответствовать антропологическим параметрам около 95% взрослого насе-



ления Земли – причем как мужского, так и женского. Катапультируемое кресло, кроме обычной регулировки по высоте, должно иметь также и регулировку по глубине, чтобы летчики с разной длиной рук смогли с одинаковым удобством дотягиваться до любой кнопки или тумблера. Кроме этого, регулируемые делают также все органы управления – РУС, РУД и педали. В этом плане было бы очень полезно применить к ним т. н. технологию активного управления, которая, в частности, подразумевает индивидуальную настройку нейтральных положений РУС и педалей, а также секторов дачи РУД и усилий, прилагаемых к органам управления самолетом. РУС и РУД, на которых расположены все кнопки, кноппели и переключатели управления системами и вооружением самолета, будут спроектированы таким образом, чтобы их можно было подстроить под различные размеры кистей рук.

Очень просто и эргономично организовано управление вектором тяги на СУВВП. У «Боинга» орган управления соплами находится на ручке управления, у «Локхид-Мартин» – левее РУД, на приборной панели. В обоих случаях это трехпозиционный рычажок. При переднем положении рычажка вектор тяги направлен горизонтально, при среднем включается переходный режим, а при заднем – самолет переходит в режим вертикальной тяги. В переходном режиме полета на дисплее у летчика постоянно отображается расчетная точка, в которой самолет перейдет режим висения. На этом режиме управление не отлича-



ется от управления вертолетом: перемещение педалей вызовет вращение вокруг вертикальной оси, отклонение РУС вперед – перемещение вперед, на себя – перемещение назад и т. п. при зависании над точкой посадки нужно медленно прибрать газ. Самолет опустится на землю. Укороченный взлет осуществляется дачей полного газа при среднем положении органа управления вектором тяги. После короткого разбега самолет с соплами, направленными назад-вниз, оторвется от земли и начнет разгон, после достижения эволютивной скорости его можно будет перевести в режим горизонтальной тяги.

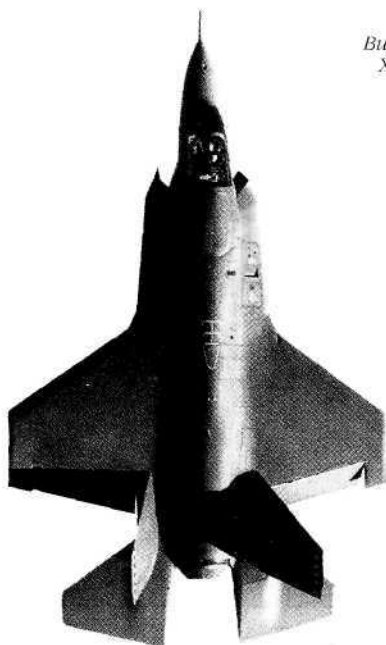
Система принципиально не отличается от той, что применена на самолете «Харриер», но при этом она, по заявлениям разработчиков, будет гарантировать значительно более простую динамику ЛА на режиме висения и на переходном режиме, что не потребует от летчиков дополнительной подготовки.

В обоих имитаторах кабин отсутствует индикатор на лобовом стекле (ИЛС), так как его планируется полностью заменить на индикатор, расположенный на защитном стекле шлема летчика (ИСШ). В результате летчик все время, при любом положении головы, будет иметь перед глазами все ключевые параметры полета, а метка цели будет также высвечиваться при любом положении головы летчика, с ограничениями лишь по границе прозрачной части фонаря. (В перспективе, даже это ограничение будет убрано. – *Прим. авт.*) Метка прицеливания сможет удерживаться на выбранной цели даже в случае боль-





*Вид самолета  
X-35A сверху  
в полете*

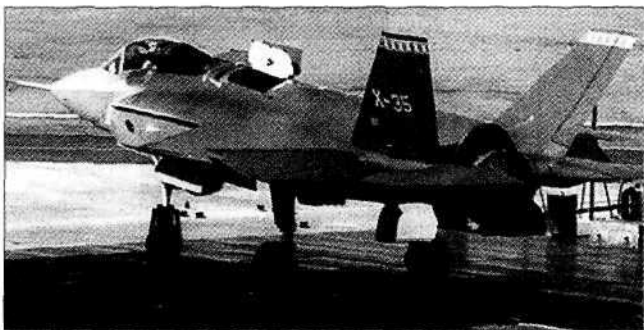


щого отклонения от оси самолета. На ИСШ также отображается перекрестье неподвижного прицела для стрельбы из пушки, использования НАР и бомб. Фирма «Боинг», использующая в своей кабине шлем разработки консорциума ВАе, рассматривает оптический, магнитный и гибридный способы отслеживания положения линии прицеливания на ИСШ. Фирма «Локхид-Мартин», использующая шлем фирмы VSI, пошла еще дальше: положение точки прице-



ливания на ИСШ отслеживается с использованием нескольких датчиков положения шлема в кабине и нескольких видеокамер, расположенных в ней.

Фонарь кабины как у «Боинга», так и у «Локхид-Мартин» будет беспереплетным. У первого шарнир открывания фонаря расположен сзади, у второго – спереди, причем фонарь фирмы «Локхид-Мартин» все же будет иметь узкий переплет, отделяющий прочную поликар-



*СУВВП X-35B на испытательной газовой яме во взлетной конфигурации*

бонатную переднюю часть, рассчитанную на столкновение с птицами, от акриловой основной части.

При этом форма носовой части фюзеляжа ЛА фирмы «Боинг» с боковым оребрением будет способствовать уменьшению секторов обзора вбок – вниз.

Кроме стандартной для натовских самолетов системы обмена тактическими данными «Линк» 16 самолеты JSF будут оборудованы системой защищенной связи внутри боевого звена, используемой в первую



очередь для уточнения количества оружия и топлива на борту у каждого самолета, а также для распределения целей. С помощью приемника глобальной спутниковой системы определения координат в сочетании с инерциальной навигационной системой будет определяться местоположение самолета и осуществляться первичная навигация. С помощью показаний глобальной системы данные инерциальной системы можно будет периодически проверять и корректировать. В то же время, при временной потере сигнала от спутника, инерциальная система вполне способна автономно вести самолет с приемлемой точностью. Способность к навигации без излучения сигналов является одним из неоспоримых достоинств самолета JSF, так как способствует повышению его скрытности.

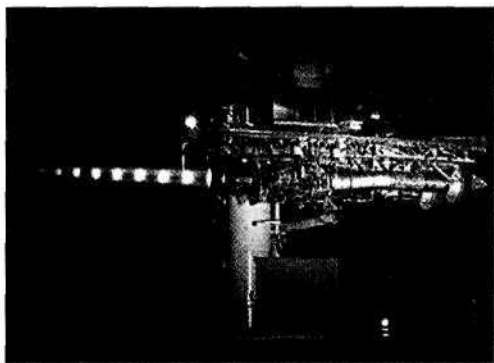
Бортовой комплекс истребителей четвертого поколения имеет три режима работы: навигационный, когда на дисплеях отображается исключительно навигационная информация, а оружие применить невозможно, режим боя с воздушными целями, когда можно атаковать только и исключительно воздушные цели противника, и режим атаки наземных целей, который у «чистых» истребителей вообще невозможно включить, не снимая рук с РУС и РУД. У JSF будет иметься возможность вести «комплексный» бой против как наземных, так и воздушных целей. При выборе летчиком конкретной цели – воздушной или наземной, без разницы, бортовой комплекс автоматически выбирает необходимые для ее уничтожения датчики и тип оружия.



На обоих самолетах JSF будут применены система распознавания речевой информации и система подачи речевых команд, причем с системой опознавания индивидуального летчика по тембру его голоса. Для введения образца голоса в БЦВМ летчик должен нажать специальную кнопку на РУД и сказать несколько слов. Эта же кнопка используется при передаче речевых команд в полете для того, чтобы не смешивать речевые команды и диалог по радио. Система практически идентична той, которая используется на европейском истребителе «Тайфун» консорциума «Еврофайтер», и способна распознавать в боевом режиме до 20–25 односложных команд типа «Топливо» или «Автопилот». Подобный режим позволит повысить точность распознавания речевых команд при одновременном снижении вероятности неправильного распознавания команды и включения при этом неправильной индикации. По речевой команде невозможны ни пуск бортового оружия, ни его аварийный сброс.

С помощью речевых команд можно, например, переключать режимы работы бортовой радиостанции, МФД или БРЛС. Система распознавания команд ИГТ фирмы «Боинг» распознает без труда множество ключевых фраз и команд, лишь в небольшом проценте случаев приходится повторять команду один или несколько раз. Единственный ее пока неустранимый недостаток – сложность с распознаванием команд, произносимых под действием большой перегрузки.

Одним из наиболее важных свойств БРЭО самолетов JSF, не встречавшихся на самолетах более ран-



*Испытания двигателя для самолета JSF на стенде*

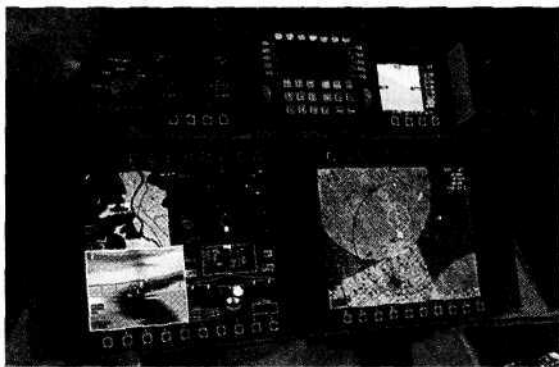
них поколений, является развитая система неохлаждаемых ИК датчиков, «размазанных» по планеру самолета и снабжающих летчика информацией обо всех контрастно-тепловых объектах в зоне прямой видимости. ИК система имеет сферический обзор без мертвых зон. На самолете фирмы «Боинг» ИК система носит наименование «распределенной», а на самолете «Локхид-Мартин» – «рассматривающей». Но по концепции, да и по исполнению обе эти системы практически идентичны.

Наиболее ощутимым тактическим преимуществом подобной ИК системы является возможность вести боевые действия ночью с использованием дневной тактики неограниченной видимости. Кроме того, поле зрения летчика не ограничивается прозрачной частью фонаря – он может «видеть» сквозь конструкцию самолета ту картинку, которую передает на



его наשלемный индикатор ИК датчик. Визуальная информация от ИК датчиков обрабатывается в БЦВМ и подается на наשלемный дисплей в виде единой неразрывной картины. При этом летчик в ночных условиях может, например, визуальнo контролировать строй своих ведомых без применения строевых огней, а также заходить ночью на посадку на необорудованный аэродром, пользуясь исключительно визуальными ориентирами. Поиск своего аэродрома с помощью ИК системы в сочетании с глобальной системой определения координат будет возможен без излучения запросных сигналов для системы радионавигации. В бою ИК система сможет выдавать предупреждения о возникающих угрозах, например, о пуске зенитной ракеты или о стрельбе ЗСУ.

В дополнение к ИК обзорной системе самолеты JSF будут оборудованы пассивной ИК прицельной си-



Приборная доска самолета JSF фирмы «Боинг»



стемой на базе стабилизированного датчика с высоким разрешением, оптимизированного для наведения высокоточного оружия. Система фирмы «Боинг» получила наименование «Тактическая ИК система переднего обзора», система фирмы «Локхид-Мартин» – «Электронно-оптическая прицельная система». Обе системы приводятся в действие нажатием кнопки на РУДе, их интегральную часть составляет ЛДЦУ, работающий в безопасных для глаза диапазонах длин волн – 1,54 или 1,06 мкм. Таким образом, оба самолета JSF будут иметь возможность применения боеприпасов, наводимых по лазерному лучу.

Использование синтезированного изображения, проецируемого на ИСШ, создает у летчика иллюзию свободного полета в воздухе, что может повлечь за собой потерю «чувства самолета» (например, при длительном наблюдении цели, находящейся не спереди, а сбоку от линии полета), а как следствие – потерю управления, что может повлечь за собой катастрофические последствия. Для того чтобы не допускать этого, при положении линии визирования в зоне, где на других истребителях находится ИЛС, индикация высоты, скорости и прочих параметров на ИСШ фирмы «Боинг» повторяет индикацию ИЛС. При повороте головы индикация из «столбцовой» становится «полуциркулярной», для того чтобы летчик имел постоянно представление о положении самолета в пространстве. Индикация ИСШ фирмы «Локхид-Мартин» включает в себя положение линии горизонта, а также направление вектора скорости самолета, а также метки высоты и скорости.



Большим подспорьем летчику при боевой работе, разгружающим его от необходимости отвлекаться на пилотирование самолета, является автопилот нового поколения в сочетании с системой предотвращения столкновения с землей, базами данных, куда будет закладываться математическая модель подстилающей местности и глобальной системой определения координат.

БРЛС, примененная на обоих самолетах, AESA, имеет полностью электронное сканирование и кроме функций бортового радиолокатора выполняет также задачу ведения РЭБ. Режимы работы AESA включают в себя: режим воздушного боя, режим отображения подстилающей местности с синтезированием апертуры, режим отображения движущихся наземных целей, режим автоматического распознавания целей, режим активной РЭБ, режим пассивной РЭБ. Станция может одновременно работать в нескольких режимах.

Информация предоставляется летчику по двум каналам – визуальному и акустическому. Причем аудиоканал имеет пространственное звучание благодаря встроенным в шлем стереонаушникам с эффектом окружающего звука. При этом сигнал-предупреждение о ракетном пуске будет раздаваться именно с того направления, откуда был произведен пуск, что уменьшит время реакции летчика и увеличит коэффициент выживания ЛА.

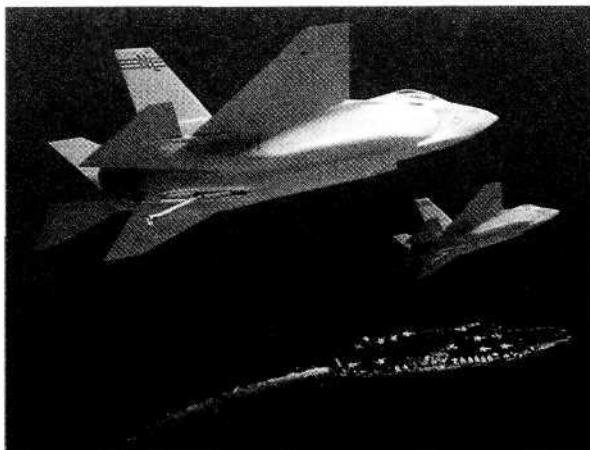
Наибольшее количество информации же поступает к летчику через визуальный канал, отображаясь на МФД и ИСШ.





*Вариант JSF для ВВС США*

F-22 стал первым в мире истребителем, бортовой комплекс которого предоставляет летчику предварительно обработанную тактическую информацию от бортовых и внешних источников в реальном масштабе времени. Обе команды, участвующие в конкурсе JSF, приложили максимум усилий для того, чтобы развить и углубить эту технологию, используя интегрированные в бортовой комплекс ИК системы обзора и цифровые базы данных по рельефу местности. Тактическая информация предоставляется в виде карты (плановая проекция) с использованием интуитивно воспринимаемой символики и цветов. Символы являются упрощенными изображе-



*JSF флота США (рисунок)*

ниями объектов, которые они представляют. Полный символ означает объект, информация о котором поступает от бортовых датчиков, символ половинной высоты – объект, о котором известно от внешних источников. Неприятельские силы обозначаются символами красного цвета, свои – синего, нейтралы – пурпурного, а неизвестной принадлежности – желтого. Собственный самолет обозначается символом белого цвета. Символы размещаются на фоне физической карты местности, которая может также отображать любую информацию, необходимую летчику, и менять масштаб по его желанию.

Информация, поступающая на борт, «фильтруется» БЦВМ на предмет корректности и истинности, после чего летчик получает лишь ту информацию, которая



признается надежной. По приказу летчика на дисплее может быть вызвана степень истинности информации, летчик также может задать пороговый уровень истинности отображаемой информации. Обозначаются также радиусы действия ракет ПВО с тем, чтобы летчик смог спланировать свой маршрут к цели, минуя их. Радиусы обнаружения самолета радаром ПВО не статичны, они меняются в зависимости от высоты полета, ракурса подхода излучаемого сигнала и пр.

Рядом с символами целей высвечивается бортовое оружие, имеющееся в наличии, которым их можно поразить. Кроме того, каждая опознанная цель также получает метку, обозначающую то оружие, которое может быть у нее в наличии.

Обе фирмы, участвующие в конкурсе JSF, творчески обобщили большой опыт, аккумулированный при создании кабины самолета F-22, и уже сейчас ясно, что кабины новых истребителей являются большим шагом вперед по сравнению с самолетами предыдущего поколения. Получаемая информация о тактической обстановке поступает к летчику в легко усваиваемой, интуитивной форме, что позволяет летчику оптимально спланировать полет и сосредоточиться на выполнении боевой задачи. Наличие ИК системы наблюдения и системы предупреждения столкновения с землей позволяет летчику JSF с одинаковым успехом действовать днем и ночью, в любую погоду. Высокоавтоматизированная система управления полетом и отображения информации позволяет сократить время, потребное для подготовки летчика, и одновременно повысить боевую эффективность.

*Научно-популярное издание*

**Иван Владимирович Кудишин**

**F-22 «РЭПТОР» И JSF. АМЕРИКАНСКИЕ  
ИСТРЕБИТЕЛИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Ответственный редактор *Н. Н. Сойко*  
Художественный редактор *А. И. Евтеев*  
Технический редактор *Г. Г. Рыжкова*  
Корректор *Л. В. Савельева*  
Компьютерная верстка *Е. В. Джелиловой*

**ООО «Издательство Астрель»**

Изд. лиц. ЛР № 066647 от 07.06.99 г.  
143900, Московская обл., г. Балашиха, пр-т Ленина, 81

**ООО «Издательство АСТ»**

Изд. лиц. ИД № 02694 от 30.08.2000 г.  
674460, Читинская обл., Агинский р-н,  
п. Агинское, ул. Базара Ринчино, д. 84

Наши электронные адреса:

[www.ast.ru](http://www.ast.ru)

E-mail: [astpub@aha.ru](mailto:astpub@aha.ru)

При участии ООО «Харвест». Лицензия ЛВ № 32 от  
10.01.2001. РБ, 220013, Минск, ул. Кульман,  
д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
на ИП «ПРИНТХАУС». Заказ 22.  
220600, г. Минск, ул. Красная, 23, офис 3.  
Лицензия № ЛП-473 от 15.11.2001 года.

Республиканское унитарное предприятие  
«Полиграфический комбинат имени Я. Коласа».  
220600, Минск, ул. Красная, 23.

**www.infanata.org**

Электронная версия данной книги создана исключительно для ознакомления только на локальном компьютере! Скачав файл, вы берёте на себя полную ответственность за его дальнейшее использование и распространение. Начиная загрузку, вы подтверждаете своё согласие с данными утверждениями!

Реализация данной электронной книги в любых интернет-магазинах и на CD (DVD) дисках с целью получения прибыли, незаконна и запрещена! По вопросам приобретения печатной или электронной версии данной книги обращайтесь непосредственно к законным издателям, их представителям, либо в соответствующие организации торговли!

**www.infanata.org**